



KUOPION KESKEISEN KAUPUNKI- ALUEEN HULEVESIEN HALLINNAN TARPEET (CASE SAVILAHTI)

Koulutusala			
Tekniikan ja liikenteen ala			
Koulutusohjelma			
Ympäristötekniikan koulutusohjelma			
Työn tekijä			
Tuomas Tikkanen			
Työn nimi			
Kuopion keskeisen kaupunkialueen hulevesien hallinnan tarpeet (Case Savilahti)			
Päiväys	23.9.2016	Sivumäärä/Liitteet	70/9
Ohjaaja(t)			
yliopettaja Pasi Pajula ja lehtori Teemu Räsänen			
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t)			
Kuopion kaupunki			
Tiivistelmä			
<p>Insinööritöiden tavoitteena oli selvittää hulevesien hallinnan tavoitteet ja tarpeet Kuopion keskeisellä kaupunkialueella osavalmu-alueittain. Työn lähtökohtina olivat vesistön- ja tulvasuojelliset näkökulmat, sekä aiemmin Kuopiossa tehdyt pienvesien vesistöseurannat ja niiden tulokset. Keskeisen kaupunkialueen aiheuttaman hulevesikuormituksen arviointi tehtiin lahtialueittain ja pienvesittain. Työssä hyödynnettiin kaupungin omista paikkatietojärjestelmistä ja arkistoista löytyviä aineistoja. Työssä tehtiin valuma-alueetarkastelu esimerkinomaisesti Savilahden valuma-alueelle, ja sen sisältämille lammille.</p> <p>Työ tehtiin jakamalla keskeinen kaupunkialue osavalmu-alueisiin, joiden pohjalta huleveden määrää ja laatua arvioitiin kirjallisuudessa esitettyjen arvojen avulla. Lisäksi työssä päivitettiin ajan tasalle keskeisen kaupunkialueen hulevesitulvakohteet. Näiden pohjalta määriteltiin hulevesien hallinnan tarpeet ja tavoitteet osavalmu-alueittain. Kaupungilla on olemassa aiemmin, noin kymmenen vuotta sitten toteutettu samantyyppinen valuma-alueetarkastelu, jota käytettiin tämän työn pohjana. Valuma-alueiden määrittelyssä käytettiin MapInfo paikkatieto-ohjelmistoa, johon oli saatavilla kaupungin omia tausta-aineistoja. Näitä aineistoja oli saatavilla mm. korkeuskäyristä, aluekäyttömuodoista, vesistö-, puro- ja norokohteista, hulevesiviemäreistä, hulevesiviemäreiden todetuista tulvakohteista, kaavoitusalueista ja tonttien sekä kiinteistöjen rajoista. Taustalla työssä käytettiin kantakarttaa. Työn teoriaosuudessa keskityttiin hulevesien hallintaan kaupunkialueella kunnan näkökulmasta, ja tutkittiin hulevesien teoriaa kaupunkialueilla, valuma-alueiden määrittelyä, hulevesien sisältämiä haitta-aineita, kaupunkihydrologiaa, hulevesiin liittyvää lainsäädäntöä, sekä laskelmien pohjana olleita arvoja ja kertoimia.</p> <p>Työtä voidaan jatkossa hyödyntää Kuopiossa esimerkiksi osayleis- ja asemakaavoituksen lähtötietona. Lisäksi työ helpottaa tarkempien hulevesien hallintasuunnitelmien laatimisessa.</p>			
Avainsanat			
Hulevesien hallinta, vedenlaatu, haitta-aineet, puhdistustarve, hulevesi			

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Environmental Technology			
Author Tuomas Tikkanen			
Title of Thesis Needs of Urban Runoff Management in Central Kuopio (Case Savilahti)			
Date	23 September 2016	Pages/Appendices	70/9
Supervisor(s) Mr. Pasi Pajula, Principal Lecturer and Mr. Teemu Räsänen, Lecturer			
Client Organisation /Partners City of Kuopio			
<p>Abstract</p> <p>The aim of this thesis was to find out the objectives and needs of urban runoff management in the central area of Kuopio. The starting points were the body of water and flood protection aspects and also the body of water monitorings and the results of those monitorings conducted earlier in Kuopio. Urban runoff calculations focused on central Kuopio's bay areas and bodies of water. Material found in the City of Kuopio's geographic information systems and other electronic archives were utilized. The drainage basin investigation was done in an exemplary manner only to Savilahti, and to the bodies of water contained within the drainage basin.</p> <p>The theoretical part of the thesis focused on urban runoff management in urban areas from the viewpoint of a municipality. Defining drainage basins, impurities within urban runoff, city hydrology, urban runoff legislation and the values used in calculations were studied.</p> <p>The central Kuopio was divided into drainage basin areas, and the quality and quantity of urban runoff in those areas were estimated based on values found in literature sources. The urban runoff flood areas in the central Kuopio were also updated. Based on this information the objectives and needs of urban runoff management were defined to every drainage basin. A drainage basin investigation done about 10 years earlier was utilized in this thesis. Drainage basins were defined using the Mapinfo GIS program with a background map. Mapinfo databases containing information about elevation curves, land use, water basins, streams, trickles, urban runoff pipes, urban runoff flood destinations, zoning areas and the borders of plots and premises were utilized.</p> <p>The result of this thesis was knowledge about urban runoff in Central Kuopio. The content of this thesis can be utilized in Kuopio for example as initial data in town planning. This thesis also helps in creating more detailed urban runoff management plans.</p>			
Keywords Urban runoff management, water quality, harmful substances, need of purification, stormwater			

ESIPUHE

Kiitän Kuopion kaupunkia mielenkiintoisesta opinnäytetyön aiheesta ja Päivi Rissasta työni ohjauksesta. Kiitokset myös Savonia-ammattikorkeakoulun Pasi Pajulalle työni ohjauksesta.

Kuopiossa 23.9.2016

Tuomas Tikkanen

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	8
2	HULEVESISANASTO	10
3	KAUPUNKIHYDROLOGIA	14
4	HULEVEDEN LAATU	16
4.1	Hulevesissä esiintyvät epäpuhtaudet ja päästölähteet.....	16
4.2	Hulevesien epäpuhtauksien vaikutus vesistöihin	18
5	HULEVESITULVARISKIT	20
6	ILMASTONMUUTOKSEN VAIKUTUS HULEVESIIN	21
7	HULEVESIEN HALLINTA	22
7.1	Maaperän ja kasvillisuuden vaikutus hulevesien hallintaan.....	23
7.2	Vähentäminen	24
7.3	Johtaminen	25
7.4	Viivyttäminen.....	25
8	HULEVEDEN HALLINNAN SUUNNITTELUA OHJAAVA LAINSÄÄDÄNTÖ	27
8.1	Vesihuoltolaki	27
8.2	Maankäyttö- ja rakennuslaki	28
8.3	Laki tulvariskien hallinnasta	30
8.4	Vesilaki	30
8.5	Laki vesien- ja merenhoidon järjestämisestä.....	31
8.6	Ympäristönsuojelulaki	31
8.7	Euroopan Unionin vesipuitedirektiivi	32
9	HULEVEDEN MÄÄRÄN ARVIOINTI	33
9.1	Mitoitussade	33
9.2	Valuma	33
9.3	Valumiskerroin	34
9.4	Mitoitusvirtaama	34
9.5	Huleveden tilavuus	35
9.6	Hulevesijärjestelmän mitoitus	35
10	HULEVEDEN LAADUN ARVIOINTI.....	37
10.1	Laatusuosituksset	37
10.2	Vesistökuormitusten arviointi	38

10.3	Vesistön rehevöitymisriskin arviointi	38
10.4	Huleveden kuormitustason alentamistarpeen arviointi.....	39
11	KAUPUNKIALUEEN HULEVESIEN TAVOITTEIDEN JA TARPEIDEN TUNNISTAMINEN.....	40
11.1	Kuopion yleistiedot	40
11.2	Työn toteutuksesta.....	40
11.3	Käytetyt lähtöaineistot	41
11.4	Valuma-alueet	42
11.5	Maankäyttömuodot.....	42
11.6	Valumiskerroin	43
11.7	Valuma	43
11.8	Mitoitussade	44
11.9	Hulevesivirtaama.....	44
11.10	Ominaiskuormitus	44
11.11	Fosforikuormitus	45
11.12	Huleveden kuormitustaso ja sen alentamistarve.....	45
11.13	Norot.....	45
11.14	Huleveden laadullinen hallinta.....	45
11.15	Huleveden määrällinen hallinta	46
11.16	Vesistö- ja lampitulva-alueet.....	46
11.17	Hulevesitulvakohteet	46
11.18	Pilaantuneet maa-alueet	46
11.19	Maa- ja kallioperä.....	46
11.20	Natura- ja muut luonnonsuojelualueet.....	46
12	KESKEISEN KAUPUNKIALUEEN TARKASTELU	47
13	SAVILAHDEN VALUMA-ALUEEN TARKASTELU	52
14	LAMPIKOHTAISET TARKASTELUT	58
14.1	Sammakkolampi.....	58
14.2	Pieni Mustinlampi	60
14.3	Mustinlampi.....	61
15	YHTEENVETO.....	64
	LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT.....	66
	LIITE 1: SAVILAHDEN VALUMA-ALUEEN NYKYINEN MAANKÄYTTÖ JA HULEVESIJÄRJESTELMÄ...	71

LIITE 2: SAVILAHDEN MAAPERÄ JA PILAANTUNEET MAA-ALUEET	72
LIITE 3: SAVILAHDEN VESISTÖ- JA HULEVESITULVARISKIALUEET TAI -KOhteet	73
LIITE 4: SAVILAHDEN HULEVESIEN MÄÄRÄLLISEN JA LAADULLISEN HALLINNAN ALUEET	74
LIITE 5: KESKEISEN KAUPUNKIALUEEN KIINTOAINESKUORMITUSTASOT VALUMA-ALUEITTAIN ..	75
LIITE 6: KESKEISEN KAUPUNKIALUEEN FOSFORIKUORMITUSTASOT VALUMA-ALUEITTAIN	76
LIITE 7: KESKEISEN KAUPUNKIALUEEN LAMPIEN KIINTOAINESKUORMITUSTASOT	77
LIITE 8: KESKEISEN KAUPUNKIALUEEN LAMPIEN FOSFORIKUORMITUSTASOT	78
LIITE 9: LUOTUJEN TAI MUOKATTUJEN MAPINFO-TIETOKANTOJEN KUVAUKSET.....	79

1 JOHDANTO

Hulevesi on rakennetulla alueella maan pinnalle, rakennuksen katolle tai muulle pinnalle kertyvää sade- tai sulamisvettä. Hulevesiksi luetaan myös rakennusten perustusten kuivatusvedet. Aiemmin hulevesiä saatettiin pitää melko puhtaina, mutta viimeaikaisten tutkimustietojen perusteella on todettu, että hulevedet saattavat sisältää huomattaviakin määriä haitta-aineita. Hulevesiin kerääntyä haitta-aineita niiden kulkeutuessa piha- ja katualueilta kohti vesistöä. Haitta-aineiden määrä vaihtelee valuma-alueen maankäytön mukaan. Vesistöjä kuormittavia haitta-aineita ovat eritoten kiintoaines, fosfori sekä typpi. Vesistöön päästessään kiintoaine aiheuttaa samentumista ja uomien täytymistä, ja fosfori sekä typpi rehevöitymistä, umpeen kasvamista ja leväkukintoja. Kiintoainesta pidetään huleveden tärkeimpänä laatuparametrinä, koska suuri kiintoaineksen määrä kertoo usein myös suurista haitta-ainespitoisuuksista. Lisäksi hulevesissä voi olla esimerkiksi metalleja, orgaanisia aineita, klorideja ja öljyjä.

Ilmastonmuutoksen myötä rankkasateiden odotetaan lisääntyvän. Sateiden lisääntyessä hulevesien määrä kasvaa, mikä voi aiheuttaa kaupunkitulvia. Kaupunkialueella suuri läpäisemättömien pintojen määrä sekä luonnontilaisesta poikkeava maankäyttö lisää tulvariskiä. Pahimpia ongelma-alueita ovat tiiviisti rakennetut kaupunkikeskustat, joille uusien hulevesijärjestelmien rakentaminen voi olla mahdollonta. Kaupunkitulvat voivat katkaista tärkeitä liikenneväyliä sekä aiheuttaa terveyshaittoja ja taloudellisia vahinkoja.

Työn tavoitteena on selvittää hulevesien hallinnan tavoitteet ja tarpeet Kuopion keskeisellä kaupunkialueella osavaluma-alueittain. Tässä työssä käsitellään valuma-alueista esimerkinomaisesti vain Savilahti ja sen sisältämät lammet, muiden alueiden tarkasteluiden jäädessä Kuopion kaupungin omaan käyttöön. Työn lähtökohtina ovat vesistön- ja tulvasuojelliset näkökulmat. Keskeisen kaupunkialueen aiheuttaman hulevesikuormituksen arviointi tehdään lahtien ja pienvesien valuma-alueittain. Työtä voidaan jatkossa hyödyntää Kuopiossa esimerkiksi osayleis- ja asemakaavoituksen lähtötietona. Lisäksi työ helpottaa ja nopeuttaa tarkempien hulevesien hallintaselvitysten ja suunnitelmien laatimista.

Työ tehdään jakamalla keskeinen kaupunkialue osavaluma-alueisiin, joiden pohjalta huleveden määrää ja laatua arvioidaan kirjallisuudessa esitettyjen arvojen avulla. Työssä hyödynnetään kaupungin omista paikkatietojärjestelmistä ja arkistoista löytyviä aineistoja. Työn yhtenä aineistona ovat aiemmin Kuopiossa tehdyt pienvesien vesistöseurannat ja niiden tulokset, joita käytetään tämän työn pohjana. Lisäksi työssä päivitetään ajantasalle keskeisen kaupunkialueen hulevesitulvariskikohteet. Tietojen pohjalta määritellään hulevesien hallinnan tarpeet ja tavoitteet osavaluma-alueittain. Kaupungilla on olemassa aiemmin, noin kymmenen vuotta sitten toteutettu hulevesikuormituksen arviointi Kallaveteen.

Valuma-alueiden määrittämisessä käytetään MapInfo paikkatieto-ohjelmistoa, johon on saatavilla kaupungin omista järjestelmistä valmiita aineistoja. Aineistoja on saatavilla mm. korkeuskäyristä, aluekäyttömuodoista, vesistö-, puro- ja norokohteista, hulevesiviemäreistä, hulevesiviemäreiden tode-

tuista ja arvioituista tulvakohteista, kaavoitusalueista sekä tonttien ja kiinteistöjen rajoista. Taustalla työssä käytetään kantakarttaa.

Työn teoriaosuudessa keskitytään hulevesien hallintaan kaupunkialueella kunnan näkökulmasta. Työssä käsitellään kaupunkihydrologiaa, huleveden määrää ja laatua sekä määrän että laadun arviointia, ilmastonmuutoksen vaikutuksia hulevesiin, hulevesitulvia, hulevesien hallintaa luonnonmukaisesta näkökulmasta sekä hulevesiin liittyvää lainsäädäntöä. Teoriaosuuden tekemisessä hyödynnetään sekä kirjallisuutta että sähköisiä lähteitä.

2 HULEVESISANASTO

Hulevesi

Hulevedeksi määritellään rakennetulla alueella maan pinnalle, rakennuksen katolle tai muulle pinnalle kertyvä sade- tai sulamisvesi. Myös perustusten kuivatusvedet ovat osa hulevettä. (Maankäyttö- ja rakennuslaki 2014, §103a.)

Joki

Virtaavan veden vesistö, jonka valuma alue on vähintään 100 km² (Vesilaki 2011, §3).

Maankäyttömuoto

Maankäyttömuoto tai -luokka kertoo mihin tarkoitukseen jotakin tiettyä aluetta käytetään. Asemakaavassa on määritelty kunnan eri alueiden maankäyttömuodot erilaisin lyhentein. Maankäyttömuodon määrittelee alueen pääasiallinen, tai sellainen käyttö, joka sulkee muut käyttötavat pois.

Yleisiä maankäyttömuotoja kaupunkialueilla ovat esimerkiksi kerrostalo- ja omakotitaloalueet, viheralueet sekä teollisuusalueet. Näille alueille on määritelty omat tietyt lyhenteensä. Esimerkiksi asuin-kerrostaloalueesta käytetään lyhennystä AK ja erillispientaloalueesta AO. Asemakaavamerkinnot perustuvat Ympäristöministeriön vuonna 2000 voimaan tulleeseen asetukseen maankäyttö- ja rakennuslain mukaisissa kaavoissa käytettävistä merkinnöistä. Asetusta sovelletaan maakunta-, yleis- ja asemakaavoissa. Asetuksessa määrättyjen merkintöjen lisäksi voidaan käyttää muitakin merkintöjä.

Mitoitussade

Kun suunnitellaan hulevesijärjestelmiä ja niiden mitoitusta, käytetään suunnittelun apuna sadehavainnoista laskettuja mitoitussateita. Mitoitussade kertoo sademäärästä, jonka hulevesijärjestelmän on kyettävä johtamaan. Mitoitussade ilmoitetaan yleensä muodossa l/s/ha. Oikealla mitoituksella pystytään varautumaan tulevaisuuden lisääntyviin sademääriin. Järjestelmän mitoitukseen käytetty mitoitussadetta suurempi sadetapahtuma aiheuttaa tulvimista.

Mitoitussateella on kolme määrävää ominaisuutta, joita ovat sateen kesto, rankkuus sekä toistuvuus. Sateen toistuvuus on mitatun aineiston perusteella määritetty todennäköisyys tietyn kestoiselle ja tietyn rankkuuden omaavalle sateelle. Toistuvuudeksi voidaan valita esimerkiksi kerran kahdessa tai kerran kymmenessä vuodessa tapahtuva sade. Toistuvuus valitaan ympäristön olosuhteiden ja halutun järjestelmän perusteella. Toistuvuuden valinnan kautta määritellään myös järjestelmän kooka sekä kustannuksia. Valinnassa täytyy kyetä optimoimaan järjestelmän kyky selviytyä rankkasateista verrattuna liian suuriksi kasvaviin järjestelmän kustannuksiin tai kokoon. Millään järjestelmällä ei kuitenkaan käytännössä katsoen kyetä selviytymään kaikkein rankkimmista hetkellisistä sateista, vaan tulvimisen mahdollisuus on huomioitava tulvareitein. Mitoitussade täytyykin aina valita käyttökohteen mukaan. Kriittisissä kohteissa käytetään laskelmissa harvemmin toistuvaa mitoitussadetta. (Kuntaliitto 2012, 24.)

Mitoitusvirtaama

Mitoitusvirtaamatietoa tarvitaan esimerkiksi hulevesiviemärien mitoittamiseen. Mitoitusvirtaaman (hulevesivirtaama) laskemiseksi täytyy tietää alueen valumakerroin ja pinta-ala sekä mitoitusasteen rankkuus. Mitoitusvirtaama ilmoitetaan usein muodossa l/s.

Noro

Vesiuoma, joka on puroa pienempi, jonka valuma-alue on alle 10 km², jossa ei jatkuvasti virtaa vettä, eikä kalankulku ole merkittävässä määrin mahdollista. Vesilain mukaan noron luonnontilan vaarantaminen muualla kuin Lapin maakunnassa on kielletty. Aluehallintovirasto voi myöntää yksittäistapauksessa poikkeuksen kiellosta, jos norojen suojelutavoitteet eivät huomattavasti vaarannu. (Vesilaki 2011, §3, §11.)

Ominaiskuormituskerroin

Ominaiskuormituskerroin tarkoittaa valuma-alueen pinta-alalla painotettua ainehuuhtoumaa tietyssä aikayksikössä. Useimmiten yksikkönä on kg/km²/a tai kg/ha/a. Kuormituksen laskentaan tarvitaan tietoa ainepitoisuuksista sekä valunnasta. Kertoimen arvot vaihtelevat maankäyttömuodon mukaisesti ja kertoimelle on tyypillistä laajat vaihteluvälit. (Kuntaliitto 2012, 131.)

Pohjavesi

Pohjavettä on sateen ja lumen sulamisvesistä maa- ja kallioperään suodautunut ja varastoitunut vesi (Geologian tutkimuskeskus).

Puro

Virtaavan veden vesistö, joka on jokea pienempi (Vesilaki 2011, §3).

Sadanta

Sadanta on maahan sataneen veden määrä pinta-alaa ja aikaa kohden. Sadanta eli sademäärä ilmoitetaan millimetreinä pinta-alayksikköä kohden. Sadanta jakautuu usein epätasaisesti, joka johtuu mm. maan pinnanmuodoista, mannerten ja merten sijainnista sekä vallitsevista ilmapvirtauksista. Keskimääräinen vuosisadanta Suomessa on noin 500 - 700 mm. Kuopion vuotuinen sademäärä on noin 550 - 600 mm, josta noin 40 % sataa lumena. (Suomen Ympäristökeskus 2014.)

Sisäinen kuormitus

Sisäisellä kuormituksella tarkoitetaan vesistön pohjalle kerrostuneiden ravinteiden ja haitta-aineiden irtoamista pohjasedimentistä takaisin veteen.

Tulva

Tulvalla tarkoitetaan tilannetta, jossa normaalisti kuivana olevalle maalle kerääntyy väliaikaisesti vettä. Taajama- tai kaupunkitulvalla tarkoitetaan taajamassa rankkasateen aiheuttamaa tulvaa.

Tulvareitti

Maanpinnalla oleva huleveden virtausreitti, johon hulevedet johdetaan hallitusti silloin, kun hulevesiviemäroinnin kapasiteetti ylittyy (Kuntaliitto 2012).

Ulkoisen kuormitus

Ulkoisella kuormituksella tarkoitetaan vesistöön sen ulkopuolelta, esimerkiksi metsistä, pelloilta, katualueilta tai ilmasta kulkeutuvia ravinteita sekä haitta-aineita. Ulkoista kuormitusta aiheuttavat esimerkiksi maatalous, teollisuus, puhdistamattomat jätevedet sekä luonnonhuuhtouma.

Valuma

Valuma tarkoittaa valuntaa alueen pinta-alaa kohden, ja sen arvo voi vaihdella suurestikin erilaisten alueiden välillä. Valuma ilmoitetaan muodossa l/s/km². Vuoden keskivaluma on Suomessa noin 10 l/s/km², tosin se voi vaihdella valuma-alueesta riippuen välillä 0 - 1 900 l/s/km². (Suomen Ympäristökeskus 2013a.)

Valuma- ja vesistöalue

Valuma-alue on vedenjakajien rajaama maastoalue, jolta vedet kulkeutuvat puroon, jokeen, uomaan tai vesistöön. Pienistä valuma-alueista muodostuu yhdessä suurempia valuma-alueita, joita kutsutaan vesistöalueiksi. Vesistöalueina pidetään muutoin kuin tilapäisesti veden peittämiä alueita. Vesistöalueet koostuvat uomien ja järvien kokonaisuuksista.

Valumiskerroin

Valumiskerroin kertoo kuinka suuri osa sataneesta kokonaisvesimäärästä ei imeydy, haihdu, pidäty tai pintavarastoidu, vaan valuu pintavaluntana kohti vesistöä. Maahan imeytymisen määrä riippuu sateen kestosta sekä rankkuudesta. Valumiskerroin on arvo väliltä 0,1 - 1,0. Suurin arvo 1,0 kertoo että kaikki satanut vesi virtaa pintavaluntana kohti vesistöä. (Hakola 2012, 55)

Valunta ja valuma

Valunta tarkoittaa valuma-alueelta virtaamana poistuvaa vesimäärää, ja sen yksikkö on yleensä millimetri tai millimetri per aikayksikkö. Kokonaisvalunta käsittää valuma-alueelle sataneen veden, pohjavesivarannon sekä lumien sulamisvedet. Kokonaisvalunta voidaan jakaa karkeasti pohja- ja välittömään valuntaan. Hulevedet käsitetään kuuluvaksi välittömään valuntaan.

Kaupunkialueella pintavaluntaa kertyy luonnontilaista aluetta enemmän, koska tiiviisti rakennetulla alueella on paljon vettä huonosti imeyttävää pintaa. Vastaavasti pintakerros- sekä pohjavesivalunta vähenee. Pintavalunnasta käytetään rakennetuilla alueilla termiä hulevesi. (Vakkilainen, Kotola ja Nurminen 2005, 12.)

Vesistö

Järvi, lampi, joki, puro, muu luonnollinen vesialue, tekojärvi, kanava tai muu keinotekoinen vesialue (Vesilaki 2011, §3).

Vesialueen raja

”Vesialueen rajana pidetään maata vastaan keskivedenkorkeuden mukaista rantaviivaa. Jos vedenkorkeus tai vesi- ja maa-alueen keskinäinen asema muuttuu tai on muuttunut, vesialueen raja määrittyy muutoksen jälkeisten vedenkorkeuksien mukaan.” (Vesilaki 2011, §5.)

Vesitase

Vesitase on hydrologian termi, joka tarkoittaa veden virtausta sisään ja ulos systeemistä.

Järvet ovat vuorovaikutuksessa hydrologisen systeemin kaikkien komponenttien (ilmakehän veden, pintaveden ja pohjaveden) kanssa. Komponenteista voidaan muodostaa matemaattisesti yksinkertainen vesitaseyhtälö: tulevista komponenteista vähennetään lähtevät komponentit, jolloin erotuksesta muodostuu vesivaraston muutos. Varaston muutos voidaan havaita järven vedenpinnan vaihteluna. Vesitasetarkastelu on ollut oleellinen osa etenkin tutkimuksia, jossa kiinnostuksen kohteena ovat olleet vesistöjen kemialliset ja biologiset ominaisuudet. Taseen muodostaminen vaatii tarkastelualueen hydrologisen kokonaisuuden ymmärtämistä. (Ala-Aho 2010, 49.)

Virtavesi

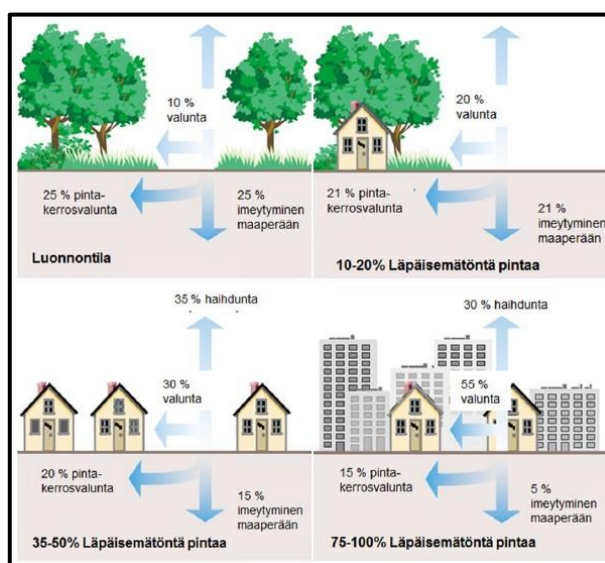
Virtavesi tarkoittaa virtaavia vesiä, eli jokia, puroja, noroja sekä ojia

3 KAUPUNKIHYDROLOGIA

Useat tutkimukset ovat osoittaneet, että kaupunkialueella sademäärä on usein noin 10 % suurempi kuin maaseudulla. Kaupunkialueella haihdunta on vastaavasti pienempi kuin maaseudulla, mikä johtuu kaupunkirakentamisessa käytetyistä tiivistä pinnoista, joiden läpi vesi ei pääse imeytymään maahan. Haihduntaa ei tällöin tapahdu niin paljon, koska vesi virtaa alueelta pois pintavaluntana. Kaupunkialueella päällystetyt pinnat lisäävät pintavaluntaa voimakkaasti ja samalla vähenee myös sadeveden imeytyminen maaperään. Näistä seikoista johtuen on mahdollista, että pohjaveden pinta alenee. Pohjaveden pinnan aleneminen voi aiheuttaa muutoksia alueen kasvillisuudessa. (Hakola 2012, 52.)

Nykyaikaiset kaupunkiympäristöt ovat usein hyvin tiiviitä ja rakentamisessa keskitytään kustannustehokkuuteen sekä rakennusalan maksimaaliseen hyödyntämiseen. Osaltaan tällainen rakentamistapa on ekologista, mutta se tuo mukanaan myös ratkaistavia ongelmia, kuten luonnon ja luonnonarvojen huomioimisen ja säilymisen. Rakentamisen myötä vettä pidättävä sekä haihduttava kasvillisuus poistuu ja korvautuu vettä läpäisemättömillä pinnoilla, maanpinnan painanteita tasoitetaan ja maaston kaltevuuksia muutetaan. Näistä aiheutuu pintavalunnan kasvua, joka vuorostaan lisää virtausta vesiuomissa aiheuttaen mahdollisia tulva- ja eroosio-ongelmia. (Hakola 2012, 52 - 53.)

Kaupunkialueella hulevedet ja koko hydrologinen kierto on erilainen kuin luonnontilaisessa ympäristössä. Eniten kaupunkialueella kiertoon vaikuttavat suuri vettä läpäisemättömien pintojen määrä, joka johtaa pintavalunnan reiluun kasvuun verrattuna luonnontilaiseen ympäristöön. Läpäisemättömä pinta voi olla jopa 80 - 90 % alueen pinta-alasta. Läpäisemättömien pintojen määrän vaikutusta pintavaluntaan selventää kuva 1. (Kuntaliitto 2012, 18.)

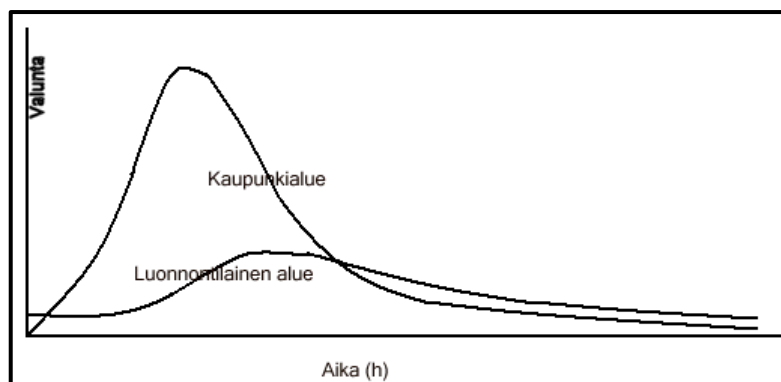


Kuva 1. Läpäisemättömän pinnan määrän vaikutus pintavaluntaan (FISRWG 2001)

Pintavalunnan vaihtelut ovat kaupunkiympäristössä suurempia verrattuna luonnontilaiseen alueeseen. Kesäaikaan kaupunkialueella voi rankkasateiden aikana muodostua huomattavia määriä pinta-

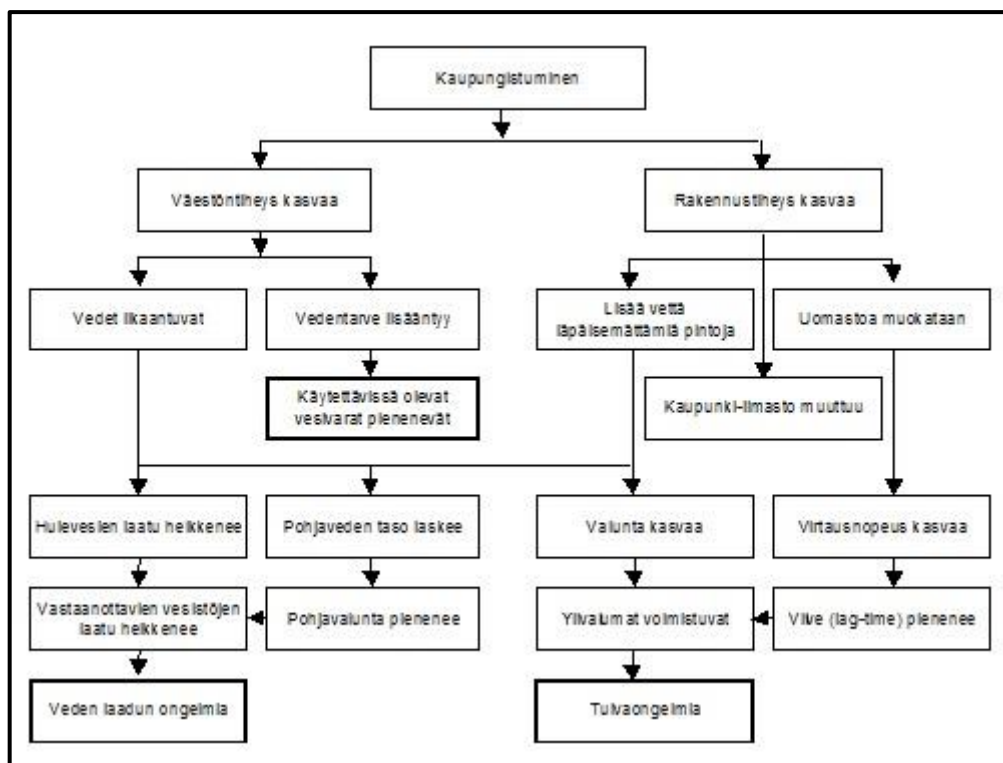
valuntaa. Noin 50 - 80 % asuinalueiden läpäisemättömistä pinnoista aiheuttaa välitöntä pintavaluntaa. (Hulevesiopas 2012, 18.)

Pintavalunnan nopeuden ja määrän muutosta kaupunkialueella verrattuna luonnontilaiseen alueeseen havainnollistaa kuva 2.



Kuva 2. Valuntakäyrä ennen kaupungistumista ja sen jälkeen (Melanen 1986)

Kaupungistumisen myötä alueen väestömäärä lisääntyy ja rakennustiheys kasvaa, joka johtaa eri vaiheiden kautta lopulta vedenlaatu- sekä tulvaongelmiin. Kaupungistumisen hydrologisia vaikutuksia esittää kuva 3.



Kuva 3. Kaupungistumisen vaikutuksia hydrologiaan (Hall 1984)

Myös vesitase on kaupunkialueella erilainen kuin luonnonmukaisessa ympäristössä, koska se ei määrydy luonnollisen valuma-alueen mukaan, vaan valuma-alueella syntyneitä hulevesiä johdetaan usein alueelta pois (Lankiniemi 2013, 22).

4 HULEVEDEN LAATU

Vuoden 1982 valtakunnallisessa hulevesitutkimuksessa todettiin, että kaupunkialueella hulevesien haitta-ainepitoisuudet olivat lähes kaikkien mitattujen aineiden osalta selvästi suurempia kuin metsä ja peltoa sisältäneellä vertailualueella. Suurimmat erot metsävaltaisen ja kaupunkialueen välillä löytyivät lyijy-, kiintoaines-, ja fosforipitoisuuksista. (Vakkilainen, Kotola ja Nurminen 2005, 14.)

Kaupungistuminen vaikuttaa hulevesien laatuun lähes aina heikentävästi. Yleensä mitä kaupungistuneempi alue, sitä huonokuntoisempi on hulevesien purkuvesistö. Hulevesien mukana kulkee vesistöön monesta eri lähteestä peräisin olevia lika- ja haitta-aineita. (Kotola ja Nurminen 2003, 16.)

Hulevesien laatuun vaikuttaa merkittävästi se kuinka suuri osa alueesta on päällystettyä pintaa. Tutkimuksen mukaan keskimääräiset haitta-ainepitoisuudet ovat sitä korkeampia, mitä enemmän alueella on päällystettyä pintaa. Selvimmin tämä vaikutus näkyy kiintoaine- ja kokonaisfosforipitoisuuksissa. Rakentamisen aikaiset lika- ja haitta-ainepitoisuudet hulevedessä voivat olla moninkertaisia valmiin alueen pitoisuuksiin verrattuna. (Kotola ja Nurminen 2003, 173.)

Haitta-aineiden ohella hulevesien laatua heikentää kaupunkialueilla luonnollisten vesiä puhdistavien elementtien kuten ojien, lammikoiden ja kosteikkojen vähäinen määrä. Kaupunkialueella haitta-ainepitoisuudet hulevesissä voivat olla 1 - 2 kertaa suurempia kuin luonnonmukaisilla valuma-alueilla. Huleveden laatu vaihtelee kaupunkiolosuhteissakin sateiden ja vuodenaikojen mukaan. (Vakkilainen, Kotola ja Nurminen 2005, 13.)

4.1 Hulevesissä esiintyvät epäpuhtaudet ja päästölähteet

Kiintoainetta pidetään huleveden tärkeimpänä laatuparametrina. Useat hulevesien aiheuttamista haittoista ympäristölle johtuvat joko suorasti tai epäsuorasti kiintoaineesta (Kuntaliitto 2012, 124).

Vesistölle haitalliset aineet voivat olla hulevedessä joko siihen liuenneena, hiukkasina tai hiukkasiin kiinnittyneinä. Useimmat haitta-aineet ovat hiukkasmuodossa, kuten esimerkiksi suurin osa metalleista. On arvioitu että 75 % liikenneperäisistä metalleista on sitoutuneena hiukkasiin. (Airola, Nurmi ja Pellikka 2014, 11.)

Hulevesissä esiintyvien haitta-aineiden lähteitä sekä niiden merkittävyyttä on kuvattu taulukossa 1.

Taulukko 1. Hulevesissä esiintyvien haitta-aineiden päästölähteet ja niiden merkitys (Airola, Nurmi ja Pellikka 2014)

Lähde	Metallit	Kemikaalit	Muut
liikenne	lyijy **** kromi *** kadmium *** nikkeli *** sinkki ** kupari ** vanadiini, rauta, alumiini	PAH *** öljyt ***	kemiallinen hapenkulutus **** kiintoaine*** typpi ** fosfori * rikki, tiesuola
rakennukset, rakenteet	kupari **** kadmium *** sinkki*** lyijy *		kemiallinen hapenkulutus ** typpi * fosfori *
laskeuma	elohopea *** sinkki*** kadmium *** kromi *** kupari ** lyijy ** vanadiini		typpi **** kemiallinen hapenkulutus ** fosfori ** sulfaatti, orgaaninen aine, kiintoaine
eläinten jätökset	lyijy * sinkki* kupari *		fosfori *** typpi ** kemiallinen hapenkulutus *
viljely			typpi *** fosfori ***
rakentaminen			typpi *** fosfori *** kiintoaine ***

Merkittävyys: **** = hallitseva, *** = suuri, ** = kohtalainen, * = vähäinen
(Melanen 1982, Malmqvist 1983, Svensson & Malmqvist 1995, Stockholms stad 2001a)

Helsingin hulevesitutkimuksessa merkittävimäksi hulevesien likaantumisen aiheuttajaksi todettiin liikenne. Liikenteestä kulkeutuu haitta-aineita hulevesiin autojen osista sekä tienpinnasta. Hulevesiin päätyy eritoten metalleja, orgaanista ainetta, PAH-yhdisteitä, VOC-yhdisteitä, öljyjä, kiintoaineita, typpeä sekä rikkiä. Autojen renkaat kuluttavat tienpintaa, joka vähitellen murenee ja kulkeutuu kiintoaineshiukkasina hulevesiin. Autojen päästöjen kautta hulevesiin päätyy varsinkin typen ja rikin oksideja sekä pienempiä määriä muita haitta-aineita. Liikenne on yksi merkittävimmistä hulevesien tyypilähteistä. (Airola, Nurmi ja Pellikka 2014, 14 - 16.)

Rakennuksista ja rakenteista tulee usein merkittäviä määriä epäpuhtauksia. Niistä irtoaa hulevesiin varsinkin sinkkiä, kuparia, kadmiumia sekä orgaanisia aineita. Kuparia sekä raskasmetalleja liukenee sadeveteen sen valuessa esimerkiksi kattopinnoilla. Erilaisista rakenteista, kuten sinkityistä valopylväistä, irtoaa sadevesien mukana sinkkiä, joka kulkeutuu hulevesiin. Rakennuksista ja rakenteista irtoaa sadevesien mukana myös PCB- ja PAH-yhdisteitä. (Airola, Nurmi ja Pellikka 2014, 17 - 18.)

Rakentamisen aikana voi kulkeutua hulevesien mukana vesistöihin huomattavia määriä haitta-aineita, varsinkin kiintoainesta. Rakentamisvaihe kaupunkialueella näkyy usein eritoten kohonneina kiintoaine- ja fosforipitoisuuksina hulevedessä. Kotolan tutkimuksissa keskimääräinen kiintoainepitoisuus on ollut alueen rakentamisen aikana jopa 20 - 60 -kertainen verrattuna valmiin alueen keskimääräiseen pitoisuuteen ja kokonaisfosforipitoisuus 5 - 9 -kertainen. Rakentamisvaiheessa myös kokonaistyyppipitoisuudet voivat kohota. (Kotola ja Nurminen 2003, 114.)

Rakennustyömailla muodostuu myös erilaisia jätteitä ja maahan voi kulkeutua koneista ja laitteista öljyjä, rasvoja, pesuvesiä ja erilaisia kemikaaleja. Nämä haitta-aineet voivat kulkeutua hulevesien mukana eteenpäin vesistöihin. (Jaakola 2015, 12.)

Laskeumalla on todettu olevan vaikutusta hulevesien laatuun. Eri teollisuudenalojen polttoprosessien kautta ilmaan pääsee haitta-aineita, jotka kulkeutuvat laskeumana hulevesiin. Laskeuman kautta hulevesiin päätyy kadmiumia, sinkkiä, lyijyä ja kuparia. Lisäksi laskeuma saattaa sisältää typpeä, fosforia, rikkiyhdisteitä, vanadiinia, sulfaattia, orgaanisia aineita, elohopeaa, kiintoaineita, PAH-yhdisteitä, naftaleenia, fenantreenia, fluoranteenia sekä pyreenia. (Airola, Nurmi ja Pellikka 2014, 14 - 15.)

Muita hulevesien likaantumista aiheuttavia lähteitä ovat esimerkiksi viheralueilla ja viljelyssä käytettävien lannoitteiden sisältämät ravinteet, jätevesiviemärien rikkoutumisen tai ylivuotojen aiheuttamat jätevesipäästöt, roskaaminen kaupunkialueilla, eläinten jätökset sekä teollisuuden kemikaali- ja liuotinpäästöt. (Airola, Nurmi ja Pellikka 2014, 18 - 19.)

Kadmiumia voi kulkeutua vesistöihin lannoitteista, jätevesilietteistä sekä teollisuuden päästöistä. Lyijyä voi päästä vesistöihin mineraalien rapautuessa, ja jonkin verran myös teollisuuden ilmapäästöistä. Kemiallista hapenkulutusta (COD_{Mn}) lisää orgaaninen aines, esimerkiksi kasvijätteet tai eläinten jätökset, joita voi kulkeutua hulevesien mukana vesistöön. Kemiallinen hapenkulutus kuvaa veden orgaanisen aineksen määrää ja käytännössä vesistön saastuneisuutta. Kemiallinen hapenkulutus vesistössä voi kohota runsaiden sateiden aikaan kun sadevesien mukana kulkeutuu humusainetta vesistöön. PAH-yhdisteitä kaupunkialueella tulee eniten liikenteestä sekä puun pienpoltosta. (Vahtera 2014, 12, 20 - 23.)

Hulevesissä voi olla myös elohopeaa, joka on erityisen myrkyllistä eliöille, sekä kuparia joka voi aiheuttaa haittaa varsinkin leville. Ympäristöön päässyt öljy hajoaa hitaasti ja voi aiheuttaa ongelmia myrkyllisyytensä vuoksi. (Airola, Nurmi ja Pellikka 2014, 13.)

Jäteveden päästessä huleveteen esimerkiksi putkirikon tai ylivuodon vuoksi, on riskinä että huleveden hygieninen laatu vaarantuu. Tällaisessa tapauksessa vesistöihin voi kulkeutua esimerkiksi ihmiselle haitallista *Escherichia coli* -bakteeria, joka voi aiheuttaa ihmisissä suolistotulehduksen, pahoinvointia, oksentelua tai kuumetta. (Airola, Nurmi ja Pellikka 2014, 12.)

Monissa kaupungeissa kerätään varsinkin keskusta-alueen lumia kauempana sijaitsevalle lumenkaatopaikalle. Tällaisilla alueilla on huomattu hulevesien likaantumista lumen sisältämien haitta-aineiden vuoksi. Sulamisvesissä kulkeutuu luontoon eritoten typpeä ja fosforia. Teollisuusalueilla on havaittu sulamisvesissä myös öljykalvoa. (Airola, Nurmi ja Pellikka 2014, 19.)

4.2 Hulevesien epäpuhtauksien vaikutus vesistöihin

Vesistöihin hulevesien mukana kulkeutuvat epäpuhtaudet ja haitta-aineet voivat aiheuttaa monenlaisia ongelmia. Vesistöjä kuormittavia haitta-aineita ovat eritoten kiintoaines, fosfori sekä typpi. Kiintoaines samentaa vesistöjä ja täyttää vähitellen uomia umpeen. Suuri kiintoainemäärä kertoo usein samalla myös suurista haitta-ainespitoisuuksista, koska monet haitta-aineet ovat sitoutuneena kiin-

toaineeseen. Fosfori ja typpi aiheuttavat vesistöissä rehevöitymistä, umpeen kasvamista sekä leväkukintoja. (Airola, Nurmi ja Pellikka 2014, 3.)

Rehevöitymisen myötä kalakannan monipuolisuus vähenee ja vesikasvillisuus runsastuu. Fosforikuormitus voi aiheuttaa myös happiolojen huononemista ja leväkukintojen runsastumista. (Luonnon-tila.fi 2014.)

Talviaikaan tapahtuva katujen suolaus lisää hulevesien, ja sitä myötä purkuvesistöjen kloridi- ja natriumpitoisuutta ja se voi aiheuttaa myös pohjaveden kloridipitoisuuden nousua. Jos vesistöön pääsee hulevesien mukana öljyä, aiheuttaa se esteettistä haittaa hajullaan ja öljykalvollaan. Lyijy kerääntyy vesistössä orgaanisiin kudoksiin ja suurina pitoisuuksina voi aiheuttaa eliöille lyijymyrkytyksen. PAH-yhdisteet sitoutuvat vedessä orgaaniseen ainekseen, ja voivat aiheuttaa eliöille syöpää sekä perimämuutoksia. Kromi voi aiheuttaa vesistöön päästessään eliöille jopa syöpää.

5 HULEVESITULVARISKIT

Kaupungeissa hulevesitulvat aiheutuvat joko paikallisista rankkasateista, tai keväisin lumen sulamisesta. Kaupunkien suuri läpäisemättömien pintojen määrä ja muutenkin luonnontilaisesta poikkeava maankäyttö lisää hulevesitulvariskejä. Eri kaupunkien tulvaherkkyys vaihtelee esimerkiksi korkeuserojen ja rakenteiden mukaan. Tulvimista aiheuttavat hulevesiviemäreiden täyttyminen sekä sadeveden kerääntyminen tulva-alttiille alueille, kuten alikulkuihin ja muihin alaviin kohtiin. Kaupungissa tai taajamassa tapahtuvaa rankkasateen aiheuttamaa tulvaa sanotaan taajamatulvaksi tai kaupunkitulvaksi. Taajamatulvat ovat usein paikallisia, nopeasti alkavia ja vain lyhyen aikaa kestäviä. Taajamatulvassa tulvimista voi tapahtua esimerkiksi hulevesiviemäreissä, ojissa sekä puroissa.

Kaupunkialueella tulviminen voi aiheuttaa suurtakin haittaa, esimerkiksi katkaista tärkeitä liikenneväyliä ja aiheuttaa terveyshaittaa sekä taloudellisia vahinkoja. Tulvariskien odotetaan kasvavan ilmastomuutoksen voimistuessa sekä kaupunkirakenteiden tiivistyessä. Tulvien ennaltaehkäisy on ensiarvoisen tärkeää, sillä tulvat aiheuttavat usein taloudellisia vahinkoja. (Aaltonen 2008, 11.)

Taajamatulvien syntymiseen ja niistä mahdollisesti aiheutuvien vahinkojen määrään vaikuttavat

- läpäisemättömien pintojen suuri osuus
- rakentaminen alaville alueille
- pintavalunnan luontaisten varastoalueiden ja virtausreittien muuttuminen
- maaperän tiivistyminen rakentamisen yhteydessä
- hulevesiverkoston vajaamitoitus
- puutteelliset tulvareitit
- suunnittelu- ja rakennusvirheet
- puutteellinen kunnossapito
- kasvillisuuden ja veden virtausta hidastavien rakenteiden väheneminen
- täydennysrakentamisen aiheuttama hulevesijärjestelmän lisäkuormitus
- ilmastonmuutos.

(Kuntaliitto 2012, 96).

Hulevesitulviin voidaan varautua konkreettisilla toimilla, kuten suojarakenteilla sekä tulvareiteillä, ja myös aineettomilla tavoilla, kuten erilaisilla säännöillä, ohjauksella sekä hätäsuunnitelmilla. (Aaltonen 2008, 11.)

Hulevesitulvia voidaan vähentää ottamalla jo kaavoitusvaiheessa huomioon tarvittavat pidätysalueet ja virtausreitit. Järjestelmien mitoitus tulee olla sellainen, että tulvimista ei tapahdu tavanomaisilla sadetapahtumilla. Tulvien hallintaa ja tulviin varautumista helpottavat myös tulvakartoitusten käyttö. (Ilmasto-opas.)

6 ILMASTONMUUTOKSEN VAIKUTUS HULEVESIIN

Tulevaisuudessa ilmastonmuutoksen myötä kaupungeissa ja muissakin taajamissa ongelmaksi voivat muodostua yleistyvät rankkasateet sekä niistä aiheutuvat hulevesitulvat. Kesäaikaisten rankkasateiden määrän ja rankkuuden oletetaan tulevaisuudessa kasvavan. (Hakola 2012, 52.)

Arvioiden mukaan kesäkuukausien (touko - syyskuu) sadanta kasvaa Suomessa keskimäärin 10 - 15 % jaksoon 2071 - 2100 mennessä. Maan pohjoisosissa arvioidaan sateiden kasvavan hieman etelää enemmän. Sadepäivien lukumäärä kesällä pysynee melko vakiona, joten kokonaissademäärän lisääntyminen johtuu sateiden rankkuuden kasvusta. Kesäkuukausien rankimpien sateiden arvioidaan lisääntyvän 10 - 30 % nykyiseen verrattuna. Talvisateiden määrä ja rankkuus tulevat lisääntymään ilmastonmuutoksen myötä. Toisaalta ilmastonmuutos voi tuoda mukanaan myös aiempaa pidempiä kuivia ja sateettomia kausia. (Kuntaliitto 2012, 19, 98.)

Sateiden lisääntyminen vaikuttaa vesistöjen maksimivirtaamiin, ja talven keskivirtaamat voivat jopa kaksinkertaistua vuoteen 2100 mennessä. Virtaamien kasvaessa on todennäköistä että eroosio sekä vesistöihin huuhtoutuvan typen ja orgaanisen hiilen määrä kasvavat. Vastaavasti kevätvirtaamat pienenevät, ja se voi johtaa järvien täyttymisen hidastumiseen keväisin, ja sitä myötä mahdollisesti rehevöitymisongelmiin. Sademäärän muuttuessa muuttuu myös valunta. Vuosivalunnan odotetaan kasvavan vuoteen 2100 mennessä 0 - 60 % sadetapahtumasta riippuen, ja siinä tulee olemaan huomattavia alueellisia vaihteluita. Talviaikainen valunta todennäköisesti lisääntyy, johtuen talven kasvavasta sademäärästä. Järviseuduilla valunta voi myös vähentyä. Valunnassa tapahtuu muutoksia sekä määrässä että vuodenajoittaisessa jakaumassa. (Ilmasto-opas.)

Tulevaisuudessakin taajamatulvien pääasiallinen syy on rakentamisen aikana valuntaolosuhteissa tapahtuneet muutokset. Pahimpia ongelma-alueita lienevät tulevaisuudessakin tiiviisti rakennetut keskusta-alueet, joille uusien hulevesijärjestelmien rakentaminen tai vanhojen saneeraaminen voi olla hyvin kallista tai jopa mahdotonta. Kaikkiin hulevesitulviin ei ole mahdollista varautua kohtuullisin kustannuksin, joten hyvin suunnitellut ja toteutetut tulvateitit sekä niiden kunnossapito on erittäin tärkeää. (Kuntaliitto 2012, 19.)

7 HULEVESIEN HALLINTA

Hulevesien hallinnan tavoitteena on säilyttää alueen vesitasapaino rakentamista edeltäneellä tasolla. Tämä voi tapahtua mm. vähentämällä läpäisemättömien pintojen määrää, imeyttämällä hulevesiä pohjavedeksi, lisäämällä haihdutusta sekä viivyttämällä. Pitkiä hulevesiviemäriverkostoja pyritään nykyisin usein välttämään. Hulevesien hallinnan lähtökontana on mm. kaupunkialueiden kuivatus, hulevesitulvien estäminen, pohjavesien suojelu sekä vesistön hyvään tilaan pääseminen tai hyvän tilan ylläpito (vesipuitedirektiivi). Vaikka kaupunkialueella rakentaminen voi olla hyvinkin tiivistä, tulisi hulevesien hallinnan kautta pyrkiä pitämään vesien virtaus tasaisena välttämällä yli- ja alivirtaamia. Lisääntyvät hulevesimäärät voivat johtaa kapasiteettiongelmiin, joiden estämiseksi voidaan toteuttaa maanpäällisiä hulevesirakenteita kuten avouomia, sekä pidätys- ja imeytysalueita.

Kunta vastaa hulevesien hallinnan järjestämisestä asemakaava-alueella. Hulevesien hallinnan tärkein keino on kunnan toteuttama kaavoitus, jonka avulla pyritään ohjaamaan hulevesien käsittelyä muodostumispaikalla tapahtuvaksi viivyttämiseksi ja imeyttämiseksi. Kunnilla on mahdollisuuksia toteuttaa itse vaativia hulevesijärjestelmiä, sekä lisäksi määräyksiin ja ohjeistuksiin ohjata kiinteistökohtaista hulevesien hallintaa.

Hulevesien hallinnassa käytetään nykyisin tärkeysjärjestykseen asetettuja periaatteita: hulevesien muodostuminen pyritään estämään, niiden määrää pyritään vähentämään jo syntypaikalla, johtamiseen käytetään suodattavia ja hidastavia rakenteita, sekä vedet johdetaan kaupungin omille viivytysalueille, esimerkiksi kosteikoille tai purkuvesistöön. Hulevesien hallinnan prioriteettijärjestys on esitetty taulukossa 2. (Kuntaliitto 2012, 20.)

Taulukko 2. Hulevesien hallinnan prioriteettijärjestys (Kinnunen 2015, 7)

Prioriteettijärjestys	Selitys
1.) Ehkäistään hulevesien muodostumista ja niihin kohdistuvaa laatuhahtaa	Ympäristön rakentamisessa ja ylläpidossa pyritään pitämään läpäisemättömien pintojen ja laatuhahtojen määrä mahdollisimman pienenä
2.) Käsitellään ja hyödynnetään hulevedet syntypaikallaan	Hulevedet hyödynnetään tai imeytetään maaperään jos mahdollista
3.) Johdetaan hulevedet pois suodattavilla ja viivyttävillä menetelmillä	Hulevedet johdetaan pois oja ja painanteita hyödyntäen, jolloin samalla tapahtuu puhdistumista ja viivyttämistä
4.) Johdetaan hulevedet pois hulevesiviemärisssä yleisille alueille viivytykseen ja puhdistukseen ennen vesistöön johtamista	Hulevedet johdetaan viemäristä viivytäviin ja puhdistaviin avouomiin, painanteisiin, lammikoihin tai kosteikkoihin
5.) Haitalliset hulevesivaikutukset kompensoidaan toisaalla tehtävillä toimenpiteillä	Haitallisia vaikutuksia voidaan kompensoida toteuttamalla toimenpiteitä muualla, esimerkiksi toisella samaan vesistöön laskevalla alueella
6.) Hulevedet johdetaan hulevesiviemärisssä vastaanottavaan vesistöön	Jos muut toimenpiteet eivät ole mahdollisia, johdetaan hulevedet suoraan vesistöön ilman että siitä aiheutuu haittaa ympäristölle.

Hulevesien hallinta voi sisältää tapauskohtaisesti hulevesien vähentämisen, käsittelyn, viivyttämisen sekä johtamisen. Toteutusalueen koosta riippuen puhutaan joko alueellisista tai paikallisista mene-

telmistä. Alueellisia menetelmiä sovelletaan esimerkiksi kaupunkien kortteleihin ja paikallisia menetelmiä omakotitalotonteille. Alueelliset menetelmät vähentävät ja tasaavat mahdollisia hulevesitulvariskejä, ja paikalliset menetelmät vastaavasti vähentävät hulevesiä, tasaavat virtaamia sekä poistavat veden sisältämiä epäpuhtauksia. Hulevedet tulisi hallita paikallisesti ja mahdollisuuksien mukaan jo syntypaikallaan. Tämä voi tapahtua esimerkiksi vähentämällä hulevesien syntymistä viherkattojen avulla, hyödyntämällä kattovesiä viheralueiden kasteluun tai imeyttämällä hulevesiä maaperään. Imeyttämistä tiiviisti rakennetuilla kaupunkialueilla voidaan toteuttaa läpäisevien päällysteiden avulla. (Kuntaliitto 2012, 19 - 20.)

Hulevesien hallintamenetelmän valintaan vaikuttavat useat eri seikat. Valinnassa täytyy huomioida ainakin hulevesien hallinnan tarve, maankäyttö, alueen ominaisuudet sekä maaperän laatu ja kaltevuus. Valinta on aina tehtävä tapauskohtaisesti alueen erityisominaisuudet huomioon ottaen. (Kuo-pion Kaupunki 2007, 38.)

Useat kaupungit ja kunnat ovat laatineet toimintaansa varten hulevesiohjelmia ja -ohjeita, joiden avulla pyritään edistämään hulevesien luonnonmukaista hallintaa. Hulevesien hallinnan hyvä lopputulos saavutetaan hyödyntämällä useita toisaan täydentäviä menetelmiä. Nykyaikainen hulevesien hallinta perustuu hulevesien syntymisen vähentämiseen sekä niiden käsittelemiseen jo syntypaikalla. Aiemmin oli tapana johtaa syntyneet hulevedet sadevesijärjestelmien avulla kohti purkupaikkaa. Tällaiset menetelmät kuormittavat luontoa, koska hulevesiä ei pyritä käsittelemään ja puhdistamaan millään tavoin ennen johtamista purkupaikkaan. (Hakola 2012, 52.)

7.1 Maaperän ja kasvillisuuden vaikutus hulevesien hallintaan

Eri maalajien ominaisuudet eroavat toisistaan huomattavasti. Esimerkiksi hiekka ja sora läpäisevät hyvin maanpinnalle kerääntyvän huleveden, jolloin muodostuneesta hulevedestä suuri osa imeytyy maaperän läpi pohjavedeksi. Vastaavasti siltti ja savi läpäisevät huonosti vettä, ja tällaisessa maaperässä suuri osa hulevedestä virtaa pintavaluntana kohti vesistöä. (Kuntaliitto 2012, 117.)

Kun valitaan hulevesien hallintamenetelmiä, vaikuttaa siihen omalta osaltaan maaperän laatu. Tietyt ratkaisut vaativat maaperältä tiettyjä ominaisuuksia, kuten imeyttäminen hyvää maaperän vedenläpäisevyyttä. Esimerkiksi hulevesiputken purkupaikan maaperän ja kasvillisuuden tulee olla sellainen, ettei siinä tapahdu liiallista eroosiota. Jos maaperä on vedenläpäisevyydeltään erittäin hyvä, voivat pilaantuneet hulevedet kulkeutua nopeasti pohjaveteen huonontaan sen laatua.

Hulevesien imeyttämistä pidetään ensisijaisena hulevesien hallinnan toimenpiteenä, heti huleveden syntymisen ehkäisemisen jälkeen. Imeyttämisen avulla pyritään muuttamaan pintavaluntaa pintakerros- ja pohjavesivalunnaksi. Imeyttämisen tehokkuus sekä toteuttamiskelpoisuus riippuvat maaperän ominaisuuksista. Imeyttämistä ei voida toteuttaa jos maaperän vedenläpäisevyys ei ole riittävän suuri. Imeytyksessä maaperä sitoo itseensä huleveden sisältämiä epäpuhtauksia, ja samalla hulevesien virtaamahuiput tasaantuvat. Suomen ilmasto-olosuhteissa imeyttämisessä ongelmia aiheuttavat

maanpinnan jäätyminen sekä routaantuminen. Vaativat talviolosuhteet on otettava huomioon järjestelmiä suunniteltaessa. (Kuntaliitto 2012, 146 - 147, 156.)

Hulevesien vähentämisessä maanpinnan kasvillisuus on tärkeää. Kasvillisuus kykenee pidättämään ja haihduttamaan hulevettä. Veden pidättymistä tapahtuu varsinkin sadetapahtuman alkuvaiheessa. Kasvillisuus muokkaa maaperää ja sen koostumusta huokoisemmaksi, jolloin maaperän läpäisevyys paranee. Kasvillisuuden peittämä maanpinta sitoo itseensä myös hulevesien sisältämiä epäpuhtauksia. Rehevä kasvillisuus ehkäisee myös maanpintaa eroosiolta. (Kuntaliitto 2012, 143 - 144.)

7.2 Vähentäminen

Imeytysmenetelmien toiminta perustuu hulevesiä pidättävään ja imeyttävään vaikutukseen. Hulevesiä imeytetään maaperään pääasiassa imeytyskaivantojen ja -painanteiden avulla. Imeytyskaivanto on kaivanto, joka täytetään karkeajakoisella kiviaineella. Hulevesi imeytyy hiljalleen maaperään kiviaineksen huokostilan läpi kuljettuaan. Imeytyspainanne on ympäröivää maanpintaa alemmaksi rakennettu kasvillisuuden peittämä alue, johon alueen hulevedet ohjataan. Painanteeseen muodostuu lammikoita, joista hulevesi hiljalleen imeytyy maaperään. Painanteista käytetään joskus nimeä sadeputtarha. Menetelmien avulla saadaan alueen hulevesivirtaamaa pienennettyä merkittävästi. Järjestelmiin voidaan johtaa hulevesiä joko vain lähialueilta, tai suureltaakin valuma-alueelta. Järjestelmiin asennetaan yleensä erillinen esikäsittely, joka auttaa pitämään varsinaisen imeytysrakenteen puhtaana kiintoaineksesta. Esikäsittelyn merkitys korostuu varsinkin kaupunkien keskusta-alueilla, joiden hulevesissä on usein suuria määriä kiintoainesta. Esikäsittelymenetelmänä voi olla esimerkiksi tassaallas tai puskurivyöhyke. Jotta imeytysmenetelmää voidaan harkita, on kohteen maaperän oltava vedenläpäisykyvyltään riittävä. Imeytysmenetelmiä ei tulisi rakentaa kohteisiin, joissa hulevedet voivat sisältää paljon haitta-aineita. (Kuopion Kaupunki 2007, 13 - 16.)

Läpäisevien päällysteiden toiminta perustuu rakenteen huokoisuuteen, jolloin hulevesi pääsee kulkemaan rakenteen läpi alle asennettuun kiviainekerrokseen. Hulevesi sitoutuu hetkellisesti kiviainekseen, josta se imeytyy ympäröivään maaperään, tai se johdetaan pois salaojan avulla. Läpäiseviä päällysteitä ovat esimerkiksi muoviset kennorakenteet, rei'itetyt betonilaatat, nurmisaumatut kiveykset sekä avoin asfaltti. Läpäiseviä päällysteitä käytetään alueilla, joilla ei ole paljon liikennettä, varsinkin piha- ja pysäköintialueilla. Läpäisevien rakenteiden käytössä on huomioitava maaperän riittävä vedenläpäisyvyys, ja ettei hulevesissä ole huomattavia määriä haitta-aineita. (Kuopion Kaupunki 2007, 5.)

Kattokasvillisuudella, eli ns. viherkatoilla, tarkoitetaan kasveilla peitettyä kattopintaa. Viherkatto imeyttää tai suodattaa sadevettä, ja vähentää tätä kautta katolta muodostuvaa huleveden määrää. Kasvillisuus voi olla istutettu koko katon laajuudelle, tai vain pienelle osalle katosta. Viherkaton rakenne perustuu kasvikerroksesta, kuivatus- ja varastointikerroksesta ja vesikatteesta. Markkinoilla on olemassa valmiita viherkattomateriaaleja mattotavarana. Valmiissa matossa kasvillisuus on esikasvatettu ja kiinnitetty nailonverkkoon. Viherkattoja voidaan hyödyntää alueilla, joilla ei ole mahdol-

lisuutta rakentaa huleveden käsittelyjärjestelmiä maahan. Tällaisia alueita ovat esimerkiksi tiheään rakennetut keskusta-alueet. (Kuopion Kaupunki 2007, 9 - 12.)

7.3 Johtaminen

Hulevesien johtamisella tarkoitetaan järjestelmiä, joilla vedet kootaan ja johdetaan joko käsiteltäväksi tai pois alueelta. Hulevesien johtamiseen käytetään sekä pinta- että putkirakenteita. Pintarakenteita ovat esimerkiksi avo-ojat, purot, painanteet, kourut sekä kanavat ja putkirakenteita sadevesiviemärit sekä salaojat. Putkirakenteita rakennetaan aiempaa vähemmän, koska yleinen suuntaus on kohti hulevesien vähentämistä sekä niiden käsittelyä syntypaikassaan. Johtamismenetelmiä voidaan hyödyntää alueilla, joilla maankäyttö sallii tilavarauksen tekemisen rakenteille katu- ja viheralueilta. Menetelmät soveltuvat myös tonttikohtaisiin ratkaisuihin. (Kuopion Kaupunki 2007, 20.)

Kouruja ja kivettyjä painanteita käytetään kun huleveden määrä on pieni, esimerkiksi kattovesien johtamiseen pois tontilta. Kourut ja painanteet ovat usein toteutettu betonielementeistä tai luonnonkivistä. Avo-ojat ja viherpainanteet ovat käytännössä sama asia, ero tulee lähinnä syvyydestä sekä luiskien jyrkkyydestä. Ojat ovat syvempiä ja jyrkkäluiskaisempia, ja niissä voidaan johtaa hulevesien ohella myös salaojavesiä. Nykyään syviä avo-ojia rakennetaan verrattain vähän varsinkin kaupunkialueilla. Painanne on matala ja loivaluiskainen kasvillisuuden peittämä oja, jota voidaan käyttää johtamisen ohella myös hulevesien viivyttämiseen ja imeytykseen. Viivytyksen avuksi voidaan rakentaa erityyppisiä patorakenteita. (Kuopion Kaupunki 2007, 20 - 21.)

Hulevesien johtamiseen käytetään myös betonista tai luonnonkivistä rakennettuja kanavia. Kanavien leveys ja syvyys voi vaihdella suuresti, ja niiden avulla voidaan johtaa suuria hulevesimääriä. Kanavat soveltuvat tiheään rakennetuille kaupunkialueille niiden pienestä tilantarpeesta johtuen. Kanavat sopivat pelkästään hulevesien johtamiseen, koska tiivis rakenne ei mahdollista imeytystä. Viivytystä kanavissa voidaan parantaa erilaisin patorakentein. Johtamiseen voidaan käyttää myös rakennettuja puroja, jotka on muotoiltu luonnonmukaisista uomista tai rakennettu varta vasten. Purot ovat yleensä mutkittelevia ja niihin voi liittyä useampia levennyksiä ja lampia sekä erilaista kasvillisuutta. Purot toimivat usein hulevesien pääpurkureittinä ja samalla myös viivyttävänä rakenteena, ja niihin voidaan rakentaa kiveyksiä sekä luiskaverhoiluja. (Kuopion Kaupunki 2007, 25.)

7.4 Viivyttäminen

Hulevesien viivyttämiseen käytetään erilaisia rakenteita, jotka hidastavat ja pidättävät hulevesivirtaamia. Rakenteiden tarkoituksena on varastoida tulevat hulevedet tietyksi ajaksi, jonka jälkeen ne vapautetaan eteenpäin. Menetelmän ajatuksena on pienentää hulevesivirtaamaa hulevesitulvariskien ja eroosion vähentämiseksi. Samalla myös huleveden laatu paranee, koska sen sisältämät haitta- ja kiintoainekset laskeutuvat rakenteiden pohjalle. Kasvillisuutta lisäämällä saadaan menetelmän puhdistustehokkuutta kasvatettua. Viivytyksen menetelmät jaotellaan yleensä kosteikkoihin, lammikoihin, painanteisiin sekä rakennettuihin altaisiin ja kaivantoihin. Viivytyksen menetelmiä voidaan hyödyntää useissa eri käyttökohteissa. Kosteikkoja ja lammikoita voidaan hyödyntää suurten valuma-alueiden

hulevesien käsittelyssä, painanteita varsinkin tonttikohtaisissa järjestelmissä, rakennettuja altaita tiheästi rakennetuilla kaupunkialueilla ja maanalaisia rakenteita sellaisilla alueilla, joilla ei ole tilaa maanpäällisille ratkaisuille. (Kuopion Kaupunki 2007, 31.)

Kosteikko on alue, jota peittää suurimman osan vuodesta vesi, ja jossa on laajamuotoista kasvillisuutta. Kosteikossa on syvän ja matalan veden alueita, sekä alueita jotka ovat vain harvoin veden peittämiä. Kosteikot toteutetaan yleensä olemassa oleviin maastopainanteisiin, joihin huleveden johtaminen on helppoa. Kosteikon toteutus ojaan on helppoa patorakenteen avulla, jolloin padon yläpuolella vesi nousee ja muodostaa kosteikkoalueen. Lammikot ovat vesialtaita, joiden yläpuolella on tilaa huleveden väliaikaista varastointia varten. Lammikoissa on jatkuvasti veden peitossa oleva alue, sekä sitä ympäröivä runsaan kasvillisuuden alue. Lammikot erottaa kosteikoista niiden suurempi keskisyvyys, ja se että lammikon toteutus vaatii yleensä aina kaivutöitä. Lammikon viivytystä ja virtaamaa säädellään padoilla ja juoksutusrakenteilla. (Kuopion Kaupunki 2007, 31 - 33.)

Viivytyspainanne on ympäröivää maanpintaa alempana oleva alue, johon hulevedet kerääntyvät. Menetelmän toteutus on käytännössä sama kuin imeytyspainanteella, eron ollessa se että viivytyspainanteessa ei pyritä hulevesien tehostettuun imeyttämiseen. Usein painanteet ovat kasvillisuuden peittämiä ja niiden virtaamia voidaan säädellä erilaisin patorakentein. Rakennetut altaat ovat hulevesien viivyttämiseen tarkoitettuja kivettyjä vesialtaita. Ne voidaan rakentaa joko kivistä tai betonista, ja niiden ulkonäkö voi olla lammikoiden kaltainen. Altaat ovat matalia ja ne rakennetaan vesitii-
viiksi, jotta niissä pysyy jatkuvasti yllä tietty vesisyvyys. Viivytyskaivannot ovat maanalaisia viivytysrakenteita, joita voidaan käyttää kohteissa joihin ei ole mahdollista toteuttaa maanpäällisiä ratkaisuja. Toiminnaltaan ne ovat verrattavissa imeytyskaivantoihin. (Kuopion Kaupunki 2007, 34 - 35.)

8 HULEVEDEN HALLINNAN SUUNNITTELUA OHJAAVA LAINSÄÄDÄNTÖ

Suomessa hulevesistä on säädetty mm. vesihuoltolaissa, maankäyttö- ja rakennuslaissa, laissa tulvariskien hallinnasta, vesilaissa, laissa vesienhoidon järjestämisestä, Euroopan Unionin vesipuitedirektiivissä, ympäristönsuojelulaissa, pohjavesidirektiivissä, pelastuslaissa, sekä mahdollisesti edellä mainittujen lakien nojalla annetuissa asetuksissa. Lisäksi kiinteistöille on asetettu määräyksiä hulevesistä Suomen rakentamismääräyskokoelmassa: kiinteistöjen vesi- ja viemärilaitteistot.

Hulevesiin liittyvä lainsäädäntö koki merkittäviä muutoksia vuonna 2014. Hulevesien käsittelyä aiemmin koskettaneeseen vesihuoltolakiin tehtiin vuonna 2014 oleellinen muutos hulevesien osalta. Nykyisellään vesihuoltolaki ei koske hulevesien poisjohtamista eikä käsittelyä, koska hulevesiä ei enää käsitetä vesihuoltoon liittyviksi. Hulevesien käsittelyä määrää ja ohjeistaa nykyään suurimmilta osin vuonna 2014 muutettu maankäyttö- ja rakennuslaki. Muutoksen myötä lakiin kirjattiin myös uusia säännöksiä. Hulevesien viemäroinnistä on kuitenkin edelleen joitakin voimassa olevia säännöksiä myös vesihuoltolaissa. Nämä koskevat tilanteita, joissa kunta neuvoteltuaan päättää että vesihuoltolaitos vastaa hulevesiviemäroinnistä.

Kunnan vastuut ovat selkeytyneet lakimuutosten myötä, ja nykyään kunta vastaa hulevesien hallinnan järjestämisestä asemakaava-alueilla. Kunta voi ottaa vastuulleen muidenkin alueiden hulevesien hallinnan niin halutessaan. Kunta huolehtii että kuntaan toteutetaan hulevesijärjestelmiä sekä hulevesiviemäriverkostoja, ja että ne toteutetaan asemakaavan mukaisen maankäytön tarpeita vastaavasti. (Luukkonen 2015.)

8.1 Vesihuoltolaki

Vesihuoltoa ohjaa vesihuoltolaki (119/2001) myöhempine muutoksineen. Vuonna 2014 muuttuneen vesihuoltolain (681/2014) mukaan vesihuollolla tarkoitetaan veden johtamista, käsittelyä ja toimitamista talousvetenä käytettäväksi sekä jäteveden poisjohtamista ja käsittelyä. Hulevedet eivät ole enää osa vesihuoltoa.

Vesihuoltolakia sovelletaan asutuksen vesihuoltoon sekä, ellei toisin säädetä, asutuksen vesihuollon kannalta rinnastuvan elinkeino- ja vapaa-ajantoiminnan vesihuoltoon. Lakia sovelletaan myös rakennetulla alueella maan pinnalle, rakennuksen katolle tai muulle pinnalle kertyvän sade- tai sulamisveden (hulevesi) viemärointiin siltä osin kuin vesihuoltolaitos siitä huolehtii. Mitä laissa säädetään hulevesistä, koskee lisäksi perustusten kuivatusvesiä. (Vesihuoltolaki §2.)

Hulevesien viemäroinnistä säädetään lakiin lisätyssä uudessa luvussa 3 a. Lakiin tehty muutos tarkoittaa, että hulevesien poisjohtaminen ja käsittely eivät kuulu enää vesihuollon piiriin. Kunnalla on hulevesien hallinnan järjestämisvastuu asemakaava-alueella, mutta kunta voi päättää vesihuoltolaitoksen kanssa neuvoteltuaan että laitos huolehtii kunnan päätöksissä määriteltävällä alueella huleveden viemäroinnistä yhdyskuntakehityksen tarpeita vastaavasti. Jos päätöstä ei ole, hulevedet vie-

märoidään lain, asemakaavan tai muun kunnan tekemän suunnitelman mukaisesti. Jotta vesihuoltolaitos voi ottaa hulevedet käsiteltäväkseen, täytyy sen olla kykenevä hoitamaan viemärointi taloudellisesti ja lainmukaisesti, ilman kohtuuttomia kustannuksia. (Luukkonen 2015.)

Laki määrää kunnan hulevesiviemäroinnin alueella sijaitsevat kiinteistöt liitettäväksi viemärointiin. Kiinteistö voi hakea vapautusta liittymisvelvollisuudesta hulevesiviemäriin kunnan ympäristönsuojeluviranomaiselta. Vapautuksen voi saada tietyistä syistä, kuten kohtuuttomista liittymiskustannuksista, tai kiinteistölle jo aiemmin rakennetuista hulevesien käsittelyjärjestelmistä johtuen. Laki kieltää hulevesien johtamisen jätevesiviemäriin, eli ns. sekaviemäroinnin. Poikkeuksena jos sekaviemäri on rakennettu ennen vuotta 2015, viemäri on mitoitettu sekavedelle, alueella ei ole hulevesiverkostoa, tai jos vesihuoltolaitos kykenee puhdistamaan myös jätevesiviemäriin johdettavat hulevedet. Lain avulla pyritään vähitellen pääsemään sekaviemäroinneistä kokonaan eroon. Jos kunnan alueelta johdetaan hulevesiä vesihuoltolaitoksen viemäriin, perii vesihuoltolaitos hulevesistä kunnalta lain 19 §:n mukaisen korvauksen, joka on kustannuksia vastaava. Hulevesiä voidaan johtaa viemäriin kunnan yleisiltä alueilta, kuten kaduilta ja puistoista. (Luukkonen 2015.)

8.2 Maankäyttö- ja rakennuslaki

Maankäyttö- ja rakennuslain (32/1999) tavoitteena on järjestää alueiden käyttö ja rakentaminen niin, että siinä luodaan edellytykset hyvälle elinympäristölle sekä edistään ekologisesti, taloudellisesti, sosiaalisesti ja kulttuurisesti kestävä kehitystä. Tavoitteena on myös turvata jokaisen osallistumismahdollisuus asioiden valmisteluun, suunnittelun laatu ja vuorovaikutteisuus, asiantuntemuksen monipuolisuus sekä avoin tiedottaminen käsiteltävinä olevissa asioissa. (Maankäyttö- ja rakennuslaki §1).

Valtakunnallisessa alueidenkäyttötavoitteessa määritellään että yleis- ja asemakaavoituksessa on varauduttava lisääntyviin myrskyihin, rankkasateisiin sekä taajamatulviin. Tulvavaara-alueille ei tule sijoittaa uutta rakentamista, ellei tarve- ja vaikutusselvityksin ole osoitettu että tulvariskit pystytään hallitsemaan. Alueidenkäytössä on muutenkin otettava huomioon viranomaisten selvitysten mukaiset tulvavaara-alueet.

Valtakunnalliset alueidenkäyttötavoitteet ovat osa maankäyttö- ja rakennuslain mukaista alueidenkäytön suunnittelujärjestelmää. Maankäyttö- ja rakennuslain mukaan valtakunnalliset määritellyt tavoitteet on otettava huomioon ja niiden toteuttamista on edistettävä maakunnan suunnittelussa, kuntien kaavoituksessa ja valtion viranomaisten toiminnassa. (Suomen ympäristökeskus 2013b).

Maankäyttö- ja rakennuslakiin tehtiin muutos vuonna 2014 (682/2014), jonka myötä laissa hulevesiä säätelee mm. luku 13 a: Hulevesiä koskevat erityiset säännökset. Luvun säännöksiä sovelletaan sade- ja sulamisvesien eli hulevesien hallintaan sekä perustusten kuivatusvesiin. (Maankäyttö- ja rakennuslaki).

Hulevesien hallinnan tavoitteiksi laki määrittelee hulevesien suunnitelmallisen hallinnan eritoten asemakaava-alueilla, hulevesien imeyttämisen ja viivyttämisen syntypaikallaan, hulevesistä aiheutuvien haittojen ja vahinkojen ehkäisemisen sekä hulevesiviemäroinnin käytön vähentämisen. (Maankäyttö- ja rakennuslaki §103c.)

Hulevesien hallinnan tärkein keino on kunnan toteuttama kaavoitus, jonka avulla pyritään ohjaamaan hulevesien käsittelyä muodostumispaikalla tapahtuvaksi viivyttämiseksi ja imeyttämiseksi. Pitkiä hulevesiviemäriverkostoja pyritään vähentämään siirtämällä kiinnostusta kohti luonnonmukaisempia käsittelyjärjestelmiä. Kunnan vastuut ovat selkeytyneet uuden lain myötä, ja nykyään kunta vastaa hulevesien hallinnan järjestämisestä asemakaava-alueilla. Kunta voi ottaa vastuulleen muidenkin alueiden hulevesien hallinnan niin halutessaan. Kunta huolehtii että kuntaan toteutetaan hulevesijärjestelmiä ja hulevesiviemäriverkostoja, ja että ne toteutetaan asemakaavan mukaisen maankäytön tarpeita vastaavasti. Hulevesijärjestelmän rakennus- ja käyttökustannukset eivät saa olla kunnalle tai kiinteistön omistajalle kohtuuttoman kalliita. Kiinteistöt vastaavat oman tonttinsa sisällä muodostuvien hulevesien hallinnasta. Tontti voidaan liittää kunnan hulevesijärjestelmään jos imeyttäminen tontilla ei ole mahdollista, tai jos hulevesiä ei johdeta vesihuoltolaitoksen hulevesiviemäriverkostoon. (Luukkonen 2015.)

Hulevesisäännöksiä toteuttaa ja niiden noudattamista valvoo kunnan määräämä toimielin, esimerkiksi kunnanhallitus. Toimielin antaa hulevesimääräykset, jotka voivat koskea koko kuntaa tai tiettyä sen osaa. Määräyksiä voidaan antaa esimerkiksi hulevesien määrästä, laadusta, käsittelytavasta tai liittymisestä kunnan hulevesiverkostoon. Tiedot asemakaavamääräykset voivat kuitenkin kumota nämä määräykset. Määräyksiä voidaan antaa myös tonttikohtaisesti tai useamman tontin hulevesien yhteisjärjestelyn toteuttamisesta. Kunta voi antaa kiinteistökohtaisen määräyksen hulevesistä aiheutuvien haittojen poistamiseksi. Jos haittaa ei poisteta, voidaan kiinteistön omistajalle langettaa uhkasakko tai teettämisuhka. (Luukkonen 2015.)

Kunta hyväksyy tarvittaessa hulevesisuunnitelman, jossa esitetään tarvittavat tiedot hulevesijärjestelmästä, joita voivat olla esimerkiksi kosteikot, ojat, valumareitit, putket, pumppaamot tai muut järjestelmän osat. Suunnitelma on katusuunnitelmaan verrattava dokumentti, ja se voidaankin toteuttaa osana katusuunnitelmaa. Suunnitelmaa laatiessa huomioidaan asemakaava, katusuunnitelma, yleisten alueiden suunnitelma, sekä tulevaisuuden ilmastonmuutos. Uusien alueiden ohella suunnitelma tulee tarvittaessa toteuttaa myös rakennetuille alueille. (Maankäyttö- ja rakennuslaki §103l.)

Lisäksi laissa todetaan että kunta voi halutessaan periä julkisoikeudellista hulevesimaksua, jonka avulla se kattaa hulevesijärjestelmästä aiheutuvat kustannukset. Maksua voidaan periä järjestelmän vaikutusalueella olevien kiinteistöjen omistajilta. Maksu perustuu kunnan käyttämiin hulevesiratkaisuihin sekä kiinteistön sijaintiin. Tämä tarkoittaa että maksu voi olla eri kiinteistöillä erisuuruinen. (Maankäyttö- ja rakennuslaki §103n.)

8.3 Laki tulvariskien hallinnasta

Lain tulvariskien hallinnasta (620/2010) tavoitteena on vähentää tulvariskejä, ehkäistä ja lieventää tulvista aiheutuvia vahingollisia seurauksia ja edistää varautumista tulviin. Lain tarkoituksena on myös sovittaa yhteen tulvariskien hallinta ja vesistöalueen muu hoito ottaen huomioon vesivarojen kestävä käytön sekä suojelun tarpeet. (Laki tulvariskien hallinnasta §1.)

Laki tulvariskien hallinnasta täytäntöönpanee Euroopan Unionin asettaman tulvadirektiivin (2007/60/EY). Laki vaatii että vesistötulvista, merenpinnan nousemisesta, tai taajamarankkasateista aiheutuvista tulvista aiheutuvat riskit täytyy arvioida ja että tulvariskien hallinta on suunniteltava järjestelmällisesti ja valtakunnallisesti yhdenmukaisin perustein. Alueidenkäytön suunnitteluun, rakentamisen ohjaukseen ja pelastustoimintaan on kiinnitettävä erityishuomiota vesitaloudellisten keinojen lisäksi. (Tampereen kaupunki 2012, 7.)

Laki sovittaa yhteen tulvariskien hallinnan yhdessä vesistöalueen muun hoidon kanssa, ottaen samalla huomioon vesivarojen kestävä käytön sekä suojelun tarpeet. Hulevesitulvariskien hallinnan suunnittelusta vastaa kaikilta osin kunta, hulevesitulvien paikallisesta luonteesta johtuen. (Tampereen kaupunki 2012, 7.)

8.4 Vesilaki

Vesilain (587/2011) tavoitteena on 1) edistää, järjestää ja sovittaa yhteen vesivarojen ja vesiympäristön käyttöä niin, että se on yhteiskunnallisesti, taloudellisesti ja ekologisesti kestävä; 2) ehkäistä ja vähentää vedestä ja vesiympäristön käytöstä aiheutuvia haittoja; ja 3) parantaa vesivarojen ja vesiympäristön tilaa. (Vesilaki §1.)

Vesilaissa säännellään vesitaloushankkeiden lupa-asioita, ja se ohjaa vesien käyttöä sekä rakentamista. Laissa on annettu vesistön rakentamiseen liittyviä säännöksiä. Lisäksi laissa on hanketyyppi-kohtaisia erityissäännöksiä esimerkiksi ojituksen ja vedenhankintaan liittyen. Lain mukaan vesitaloushankkeella täytyy olla viranomaisen lupa jos rakentamisesta voi seurata muutoksia vesistön asemaan, syvyyteen, vedenkorkeuteen, virtaamiin, rantoihin, vesiympäristöön tai pohjaveden laatuun ja määrään. (Tampereen kaupunki 2012, 6.)

Aluehallintoviraston lupa tarvitaan myös jos rakentaminen (Tampereen kaupunki 2012, 6.)

- aiheuttaa tulvan vaaraa tai yleistä vedenvähyttä
- aiheuttaa luonnon ja sen toiminnan vahingollista muuttumista taikka vesistön tai pohjavesiesiintymän tilan huononemista
- vähentää selvästi luonnon kauneutta, ympäristön viihtyisyyttä tai kulttuuriarvoja taikka vesistön soveltuvuutta virkistyskäyttöön

- vähentää olennaisesti tärkeän tai muun vedenhankintakäyttöön soveltuvan pohjavesiesiintymän antoisuutta tai muutoin huonontaa sen käyttökelpoisuutta taikka muulla tavalla aiheuttaa vahinkoa tai haittaa vedenotolle tai veden käytölle talousvetenä
- vaarantaa tai muuttaa puron tai noron luonnontilaa tai sen säilymistä

8.5 Laki vesien- ja merenhoidon järjestämisestä

Lain vesienhoidon ja merenhoidon järjestämisestä (2004/1299) tavoitteena vesienhoidon osalta on että vesienhoidon järjestämisessä otetaan huomioon vesien laadun lisäksi vesien riittävyys, vesien kestävä käyttö, vesipalvelut ja niiden taloudellinen selvitys, tulvariskien hallinta, vesien virkistyskäyttö, vesien välityksellä leviävät taudit sekä vesiekosysteemien suojelu ja vesiekosysteemeihin suoraan yhteydessä olevien maaekosysteemien ja kosteikkojen suojelu. Vesienhoidon ja merenhoidon järjestämisen yleisenä tavoitteena on suojella, parantaa ja ennallistaa vesiä ja Itämeren tila heikkenee ja että niiden tila on vähintään hyvä. Vesienhoidon ja merenhoidon suunnittelua tehdään ja toimeenpannaan yhteen sovittaen ja yhtenevin tavoittein. (Laki vesienhoidon järjestämisestä §1.)

Laki sisältää säännöksiä vesien tilan luokittelusta, vesienhoidon suunnittelumenettelyistä ja viranomaisjärjestelyistä sekä vesienhoidon suunnittelussa asetettavista ympäristötavoitteista. Lain avulla pyritään suojelemaan, parantamaan ja ennallistamaan vesistöjen tilaa niin ettei niiden laatu heikkene ja että niiden tila olisi vähintäänkin hyvä. Vesienhoidon järjestämisessä tulee ottaa huomioon veden riittävyys, veden kestävä käyttö, tulvariskien hallinta, veden virkistyskäyttö, vesivälitteiset taudinaiheuttajat sekä vesi- ja maaekosysteemien ja kosteikkojen suojelu. Erinomaisiksi tai hyviksi luokiteltujen vesien tila ei saa heikentyä ja lisäksi pintavesien hyvä tila sekä pohjavesien hyvä määrällinen ja kemiallinen tila tulee saavuttaa vuoteen 2015 mennessä, joissain tapauksissa vuoteen 2021 tai 2027 mennessä. (Tampereen kaupunki 2012, 7 - 8.)

8.6 Ympäristönsuojelulaki

Ympäristönsuojelulain (527/2014) tavoitteena on 1) ehkäistä ympäristön pilaantumista ja sen vaaraa, ehkäistä ja vähentää päästöjä sekä poistaa pilaantumisesta aiheutuvia haittoja ja torjua ympäristövahinkoja; 2) turvata terveellinen ja viihtyisä sekä luonnontaloudellisesti kestävä ja monimuotoinen ympäristö, tukea kestävä kehitystä sekä torjua ilmastonmuutosta; 3) edistää luonnonvarojen kestävä käyttöä sekä vähentää jätteiden määrää ja haitallisuutta ja ehkäistä jätteistä aiheutuvia haitallisia vaikutuksia; 4) tehostaa ympäristöä pilaavan toiminnan vaikutusten arviointia ja huomioon ottamista kokonaisuutena; sekä 5) parantaa kansalaisten mahdollisuuksia vaikuttaa ympäristöä koskevaan päätöksentekoon. (Ympäristönsuojelulaki §1.)

Ympäristönsuojelulaki säätelee kaikkea sellaista toimintaa, josta aiheutuu tai josta saattaa aiheutua ympäristön pilaantumista. Jos toiminnasta aiheutuu pilaantumisen vaaraa, on haettava ympäristölu-

pa, jossa määrätään toiminnan laajuudesta ja päästöistä sekä niiden vähentämisestä. Luvan myöntämisen edellytyksenä kuitenkin on että toiminnasta ei aiheudu terveyshaittaa tai merkittävää ympäristön pilaantumista tai sen vaaraa. Jos toiminnasta on mahdollista aiheutua vesistön tai pienen uoman pilaantumista, vaaditaan ympäristölupa. Jos toimintaan liittyy pilaantuneita hulevesiä, asiaa koskevat määräykset annetaan lupapäätöksessä. Pohjavedelle ei saa aiheutua pilaantumista missään tapauksissa. (Tampereen kaupunki 2012, 8.)

Ympäristönsuojelulaissa ei ole erikseen mainintaa hule- tai kuivatusvesistä, koska hulevesien johtaminen vesistöihin tai vesiin ei ole luvanvaraista toimintaa. Hulevesien ollessa sellaisia, että niistä voi aiheutua ympäristön pilaantumista, on toiminnanharjoittajan kuitenkin oltava selvillä hulevesien ympäristövaikutuksista ja siitä millä tavoin vaikutuksia voi vähentää. (Tampereen kaupunki 2012, 8.)

Alueellisesti merkittävistä ympäristöluvista päättää aluehallintovirasto, ja se käsittelee myös hakemukset sellaisille toiminnoille jotka vaativat sekä vesilain- että ympäristölain mukaiset luvat. Lisäksi aluehallintovirasto päättää vesiin ja viemäriin päätyvien päästöjen ympäristöluvista. Muista ympäristöluvista päättää kunnan ympäristönsuojeluviranomainen.

8.7 Euroopan Unionin vesipuitedirektiivi

Vesipuitedirektiivin (2000/60/EY) tavoitteena on ”vahvistaa sääntöjä EU:n vesimuodostumien tilan huonontumisen pysäyttämiseksi ja Euroopan jokien, järvien ja pohjaveden ”hyvän tilan” saavuttamiseksi vuoteen 2015 mennessä.” (Euroopan parlamentti ja unionin neuvosto.)

Vesipuitedirektiivin toteuttavat Suomessa laki vesienhoidon järjestämisestä (2004/1299), sekä kolme muuta lakimuutosta. Vesipuitedirektiivi pyrkii ehkäisemään vesistöjen tilan heikkenemisen. Vesien hyvä tila ja pohjavesien hyvä määrällinen ja kemiallinen tila tulee saavuttaa vuoteen 2015 mennessä. Direktiivillä pyritään turvaamaan riittävä veden saanti, suojelemaan vesistöalueita sekä edistämään kansainvälisissä sopimuksessa asetettujen tavoitteiden saavuttamista. (Tampereen kaupunki 2012, 7.)

9 HULEVEDEN MÄÄRÄN ARVIOINTI

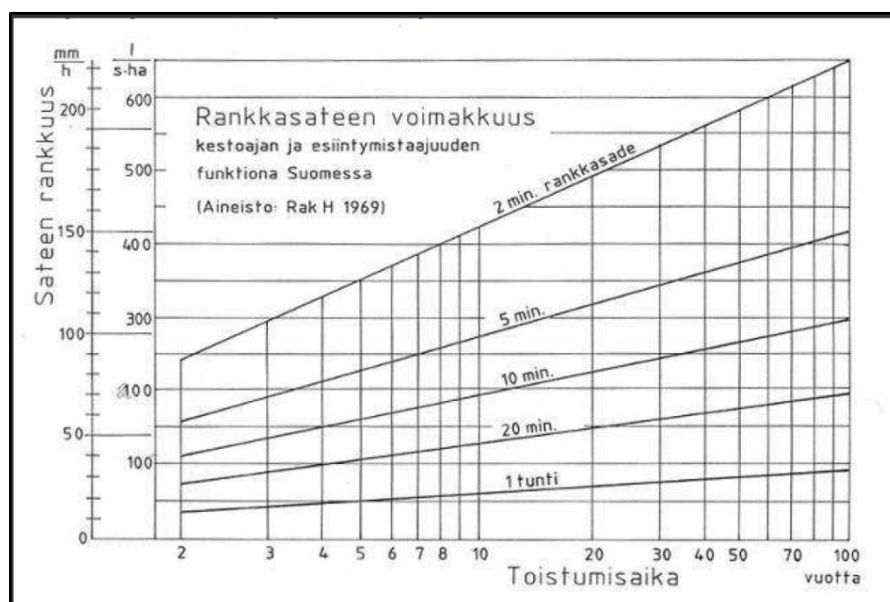
9.1 Mitoitussade

Kaupunkialueilla hulevesijärjestelmien mitoittamiseen käytetään erilaisia mitoitusasteita. Usein valitaan 10 - 15 minuutin rankkasade, jota esiintyy 1 - 3 vuoden välein. Mitoitusasteen kestoajan valintaan vaikuttaa tarkasteltavan valuma-alueen pinta-ala. (Suomen Ympäristökeskus 2008, 12.)

Suomen rakentamismääräyskokoelma määrittää mitoitusasteen suuruudeksi tonttialueilla $0,015 \text{ dm}^3/\text{s}/\text{m}^2$, joka on yleisemmin käytettyyn muotoon muutettuna 150 l/s/ha . Tulvimisen haitallisuudesta riippuen ja viranomaisen luvalla voidaan käyttää arvoja väliltä $100 - 200 \text{ l/s/ha}$. (Kiinteistöjen vesi- ja viemärilaitteistot. Suomen RakMK D1 2007).

Mitoitusastetta valittaessa voidaan huomioida ilmastomuutoksen vaikutukset käyttämällä harvemmin toistuvaa rankkasadetta. Esimerkiksi nykyään kerran 10 vuodessa toistuva rankkasade tapahtuu ennustuksien mukaan tulevaisuudessa kerran 5 vuodessa. Jos esimerkiksi halutaan että järjestelmä kykenee selviämään tulevaisuudessa kerran 10 vuodessa tapahtuvasta sateesta, täytyy se nykypäivänä mitoittaa kerran 25 vuodessa tapahtuvalle sateelle.

Halutut mitoitusasteet voidaan määritellä käyttämällä KATU 2002 - Kadunrakennuksen tekniset ohjeet -teoksesta löytyvää kuvaa 4.



Kuva 4. Rankkasateen voimakkuus (Suomen kuntatekniikan yhdistys ry 2003)

9.2 Valuma

Vuoden keskivaluma on Suomessa noin $10 \text{ l/s}/\text{km}^2$, tosin se voi vaihdella valuma-alueesta riippuen välillä $0 - 1\,900 \text{ l/s}/\text{km}^2$ (Suomen Ympäristökeskus 2013a).

9.3 Valumiskerroin

Yleisesti käytössä olevia ja hyväksyttyjä valumiskertoimia eri maankäyttömuodoille on esitetty teoksessa KATU 2002 - Kadunrakennuksen tekniset ohjeet. Teoksen valumakertoimet on esitetty taulukossa 3.

Taulukko 3. Valumiskertoimia (Suomen kuntatekniikan yhdistys ry 2003)

Valumiskertoimet	
Aluetyyppi	Kerroin
Katto	0,9
Betoni- ja asfalttipinta	0,8
Tiivissaumainen kiveys	0,8
Kiveys hiekkasaumoin	0,7
Hyväkuntoinen soratie	0,5
Kallioinen puuton puistoalue	0,5
Pajjas, laakeahko kallio	0,4
Sorakenttä ja -käytävä	0,3
Puistomainen piha	0,2
Puisto, jossa on runsaasti kasvillisuutta	0,15
Kallioinen metsä	0,15
Niitty, pelto, puutarha	0,1
Tasainen, tiheäkasvuinen metsä	0,05

Valumiskertoimia on määrittänyt Liikennevirasto teoksessa Teiden ja ratojen kuivatuksen suunnittelu (2013). Myös Kuntaliiton Hulevesioppaan (2012) arvot ovat samat. Kyseiset kertoimet on esitetty taulukossa 4.

Taulukko 4. Valumiskertoimia (Liikennevirasto 2013)

Valumiskertoimet	
Aluetyyppi	Kerroin
Katto	0,8 - 1,0
Asfalttipäällyste	0,7 - 0,9
Tien nurmetettu luiska	0,4 - 0,6
Avoin kalliomaasto	0,3 - 0,5
Soratie, soraluiska	0,2 - 0,5
Nurmpintainen piha, puisto	0,1 - 0,4
Niitty, pelto, puutarha	0,1 - 0,3
Suo	0,05 - 0,15
Kumpuileva sekametsä	0,05 - 0,2
Tasainen metsämaasto	0,1
Tasainen sorakenttä	0,00 - 0,05

Rankkasateiden aikana valumiskertoimissa tapahtuvista muutoksista Suomessa ei ole juurikaan tutkittua tietoa. Yleistäen voidaan kuitenkin todeta että rankkasateen voimistuessa valuntakerroin kasvaa. Tämä johtuu läpäisevien pintojen valuntakertoimien kasvusta, koska ne eivät kykene päästämään lävitseen koko satanutta sademäärää. (Kuntaliitto 2012, 94.)

9.4 Mitoitusvirtaama

Mitoitusvirtaama saadaan kertomalla maankäyttömuodon pinta-ala sille määritetyllä valumakertoimella sekä mitoitus sademäärällä.

Virtaama voidaan laskea kaavalla 1:

$$Q = Q_s * C * A \quad (1)$$

Q = hulevesivirtaama (l/s)

Q_s = mitoitussade (l/s/ha)

C = valumiskerroin (0-1)

A = valuma-alueen pinta-ala (ha)

9.5 Huleveden tilavuus

Huleveden tilavuus, eli määrä voidaan laskea kaavalla 2:

$$V = (C * i * A * t) / 1000 \quad (2)$$

V = huleveden tilavuus (m³)

C = valumiskerroin (0 – 1)

i = mitoitussateen keskimääräinen intensiteetti (l/s/ha)

A = valuma-alueen pinta-ala (ha)

t = mitoitussateen kesto aika (s)

(Kuntaliitto 2012, 101).

Huleveden määrä pystytään määrittämään myös sademäärän avulla kaavalla 3:

$$V = (C * P * A) * 100 \quad (3)$$

V = huleveden tilavuus (m³)

C = valumiskerroin (0 – 1)

P = sademäärä (mm)

A = valuma-alueen pinta-ala (ha)

(Kuntaliitto 2012, 102).

9.6 Hulevesijärjestelmän mitoitus

Huleveden määrä täytyy arvioida, kun halutaan mitoittaa alueelle rakennettava hulevesijärjestelmä. Jäsijärjestelmän mitoituksen lähtökohtana voidaan pitää rakentamista edeltänyttä luonnontilaista hulevesivirtaamaa. Rakentamisen ei tulisi lisätä tontilta poistuvaa hulevesivirtaamaa. (Vantaan kaupunki 2014, 24.)

Hulevesijärjestelmien mitoitusperusteena käytetään hetkellistä virtaamaa, joka on riippuvainen sateen rankkuudesta. Vastaavasti hulevesien varastointi- ja käsittelyjärjestelmien mitoitusperusteena

käytetään hulevesien määrää, joka on riippuvainen sateen määrästä. Kokonaisjärjestelmiä mitoitettaessa tarvitaan usein tietää kumpikin. (Kuntaliitto 2012, 101.)

Hulevesijärjestelmien mitoituksessa täytyy huomioida myös rankkasateet, jotta voidaan estää järjestelmän tulviminen ja siitä mahdollisesti aiheutuvat vahingot sekä kustannukset. Järjestelmät mitoitetaan valitsemalla kohteeseen sopiva mitoitussade. Mitoitussateen rakennetuilla alueilla, kuten kaupungeissa, aiheuttaa yleensä rankkasade.

Kaupunkialueilla on kannattavaa mitoittaa hulevesijärjestelmät vähintään Suomen rakentamismääräyskokoelman arvolle 150 l/s/ha, jotta kunta ei joudu mahdollisissa hulevesitulva- tai ongelmatilanteissa korvausvastuuseen väärän mitoituksen ja siitä johtuneen järjestelmän tulvimisen myötä. Mitoituksessa on järkevää varautua ennakkoon tulevaisuudessa todennäköisesti yleistuviin ja ilmastomuutoksen myötä rankemmiksikin muuttuviin sateisiin.

10 HULEVEDEN LAADUN ARVIOINTI

10.1 Laatusuosituks

Yleisesti käytössä olevia suomalaisia laatukriteerejä tai laatuvaatimuksia ei ole esitetty lainsäädännöllisesti. Hulevesien laatua sekä huleveden sisältämiä haitta-ainepitoisuuksia voidaan arvioida hyödyntämällä eri tahojen toteuttamia tutkimuksia sekä niissä annettuja ohjearvoja.

Tukholman lääninhallitus on antanut hulevedelle ohjearvoja teoksessa *Förslag till riktvärden för dagvattenutsläpp* (2009). Kyseiset arvot on koostettu useista Ruotsista tehdyistä tutkimuksista sekä Euroopan Unionin vesipuitedirektiivin (2000/60/EY) normeista. (Vahtera 2014, 7.)

Tukholman hulevesistrategiassa (*Dagvattenklassificering* 2001) on luokiteltu huleveden sisältämät haitta-ainepitoisuudet 3-portaisesti matalaan, kohtalaiseen ja korkeaan.

Myös Valtioneuvoston asetus (VNA 868/2010) vesiympäristölle vaarallisista ja haitallisista aineista sisältää aineiden ympäristölaatusuoritteita, jotka ovat käyttökelpoisia myös hulevesien laatua tutkittaessa, vaikka kyseiset arvot onkin tarkoitettu vesistöjen vesille (Vahtera 2014, 8).

Taulukkoon 5 on koostettu yllä mainituista kolmesta lähteestä kerätyt haitta-ainepitoisuusrajat.

Taulukko 5. Haitta-ainepitoisuusrajat

Muuttuja	Yksikkö	Tukholman hulevesistrategia (2002)			Tukholman lääni raja-arvoehdotus (2009)	Valtioneuvoston asetus 868 (2010)
		Matala	Kohtalainen	Korkea	Ohjearvo (1M)	AA-EQS
Kiintoaine	mg/l	< 50	50 - 175	> 175	40	
Kokonaistyyppi	mg/l	< 1,25	1,25 - 5,0	> 5,0	2,0	
Kokonaisfosfori	µg/l	< 100	100 - 200	> 200	160	
Kromi	µg/l	< 15	15 - 75	> 75	10	
Kupari	µg/l	< 9	9 - 45	> 45	18	
Nikkeli	µg/l	< 45	45 - 225	> 225	15	21
Lyijy	µg/l	< 3	3 - 15	> 15	8	7,5
Sinkki	µg/l	< 60	60 - 300	> 300	75	
Kadmium	µg/l	< 0,3	0,3 - 1,5	> 1,5	0,4	0,1
Elohopea	µg/l	< 0,04	0,04 - 1,0	> 1,0		0,05
Öljy	mg/l	< 0,5	0,5 - 1,0	> 1,0		
PAH	µg/l	< 1	1 - 2	> 2		

Laatukriteereinä voidaan käyttää valtioneuvoston asetusta vesiympäristölle vaarallisista ja haitallisista aineista. Asetus perustuu Euroopan Unionin säädökseen prioriteettiaineista ja se sisältää tietoja erilaisista kemikaaleista, metalleista ja metalliyhdisteistä sekä erilaisia päästökieltoja, raja-arvoja ja ympäristölaatusuoritteita. Asetuksessa luetellaan myös aineet, joita ei saa päästää ollenkaan pintavesiin tai viemäriin. Huomioitavaa kuitenkin on, että kyseisiä arvoja ei ole kohdistettu suoraan hulevesiin. Asetuksessa määrätty raja-arvot ovat tiettyjen haitta-aineiden osalta varsin tiukkoja. Kaikkia hulevesissä esiintyviä haitta-aineita ei ole asetuksessa listattu, eikä nille ole siten määritetty myöskään raja-arvoja.

10.2 Vesistökuormitusten arviointi

Huleveden aiheuttama vesistökuormitus voidaan arvioida laskemalla ainehuuhtouma pinta-ala- ja aikayksikköä kohti. Yksikkönä käytetään usein $\text{kg}/\text{km}^2/\text{a}$. Aihehuuhtouman avulla kyetään arvioimaan haitta-aineiden kertymää pitkällä ajalla. Kirjallisuudesta löytyy useista eri lähteistä valmiiksi määritellyjä ominaiskuormitusarvoja eri haitta-aineille maankäyttötyypeittäin jotka on koottu taulukkoon 6.

Taulukko 6. Ominaiskuormitusarvot eri maankäyttöluokittain

Ominaiskuormitusarvot ($\text{kg}/\text{km}^2/\text{a}$)												
Aluetyyppi	Kiintoaine	BOD ₇	COD _{Mn}	Kokonaisfosfori	Kokonaistyyppi	Lyijy	Kupari	Kadmium	Sinkki	Kromi	Nikkeli	Sulfaatti
Vaasan keskusta ⁽¹⁾	50 000		5 000	42	520	3	7		50	5	3	
Kaupungistuva alue ⁽²⁾	60 500		4 750	57	570							
Pientaloalue ⁽²⁾	9 660		2 700	24	495							
Kerrostalo-alue ⁽²⁾	21 450		3 625	38	884							
Esikaupunkialue ⁽³⁾	21 230	1 770	14 000	44	283	16	3,7	0,22	40			2 070
Keskusta-alue ⁽³⁾	99 000	6 800	45 000	142	725	109	54	0,35	122,5			5 400
Liikennealue ⁽³⁾	37 000	2 800	28 000	41	300	29	5,7	0,18	38			3 200
Teollisuusalue ⁽³⁾	79 000	3 500	19 000	86	290	34	26	0,67	88			2 600
Metsäalue ⁽⁴⁾	310			10,0	210							25 000
Peltoalue ⁽⁵⁾	100 000		20000 ⁶	100,0	1 300							
Viheralue, nurmi ^(5, 6)	33 000			60,0	1 700							
Laskeuma				31,0	1 001							336

1) Kannala 2000 2) Kotola & Nurminen 2003 3) Melanen 1982 4) Saukkonen & Kortelainen 1995

5) Viikinkoski & Hynninen 1993 6) Maasilta ym. 1980 7) Vuorenmaa ym. 2001 (Maaninka, Halola)

Peltoalueen COD_{Mn}-arvo on muotoa COD_C.

10.3 Vesistön rehevöitymisriskin arviointi

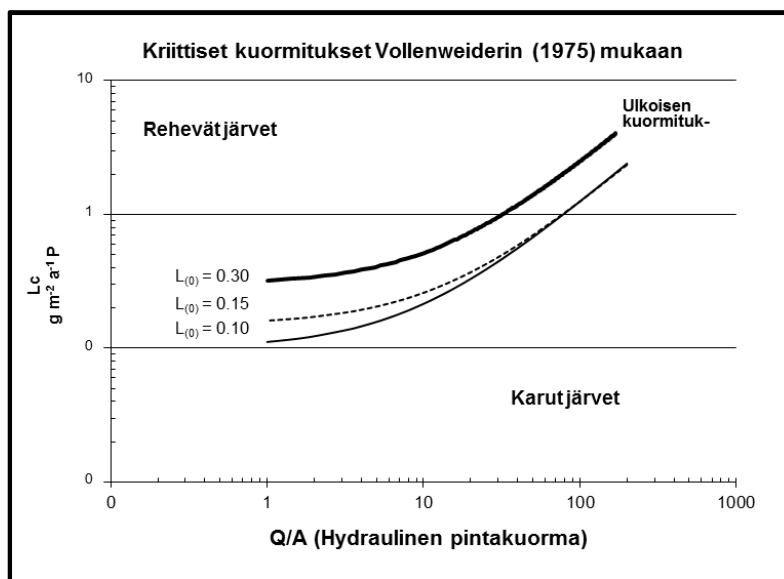
Suuri fosforikuormitus voi aiheuttaa vesistössä rehevöitymistä. Jokaisella vesistöllä on tietty sietokyky fosforikuormitukselle, ja sietokyvyn ylittyessä vesistö alkaa rehevöityä. Suuret vesistöt voivat kestää kuormituksen lisääntymistä pitkäänkin ilman näkyviä vaikutuksia, kun taas pienet vesistöt voivat alkaa rehevöityä nopeasti kuormituksen kasvettua.

Vesistön tilaa ja rehevöitymisriskiä voidaan arvioida Vollenweiderin fosforikuormitusmallilla. Mallin avulla voidaan arvioida tuleeko vesistöön liikaa kuormitusta, ja onko vesistö tilaltaan rehevä vai karu. Mallissa vesistön oletetaan olevan umpinainen, ja siitä lähtevän purkuojan. Malliin syötetään valuma-alueen laskennallinen fosforikuormitus, ja lisäksi tarvitaan tietää myös keskivaluma, valuma-alueen pinta-ala sekä vesistön pinta-ala, keskisyvyys ja tilavuus.

Mallissa on alempi ja ylempi sietoraja. Alemman sietorajan alle jäävä kuormitus tarkoittaa että vesistössä ei tapahdu rehevöitymistä nykykuormituksella. Alemman ja ylempään sietorajan väliin jäävä kuormitus tarkoittaa että kuormitus voi olla joko sopivan alhainen, tai hieman liian suuri vesistön sietokykyyn nähden. Ylempään sietorajan ylittävä kuormitus tarkoittaa että kuormitus on liian suuri. Jos fosforikuormitus ylittää ylempään sietorajan ulkoista fosforikuormitusta tulisi alentaa. Kuormituksen osuessa sietorajojen väliin, kuormitusta ei tule lisätä, mutta sitä ei välttämättä ole tarvetta myöskään alentaa. Kuormituksen ollessa alle alemman sietorajan, kuormitusta voi mahdollisesti lisätä.

Kun tunnetaan fosforikuormituksen sietorajat, voidaan arvioida tuleeko kunnostustoimenpiteet ohjata sisäisen kuormituksen vähentämiseen vai valuma-alueella tehtäviin toimenpiteisiin. Jos ulkoinen

kuormitus ylittää sietorajan, tulee kuormitus laskemaan sietorajan alle ennen kuin ruetaan toteuttaa sisäisen kuormituksen vähentämistoimenpiteitä. Vollenweiderin malli on esitetty kuvassa 5.



Kuva 5. Vollenweiderin malli (Vollenweider 1975)

10.4 Huleveden kuormitustason alentamistarpeen arviointi

Hulevesien aiheuttamaa kuormitustasoa vesistöön voidaan arvioida kolmiportaisen asteikon kautta kiintoaineelle, kokonaisfosforille sekä kokonaistypelle. Kuormitustasoina ovat matala, kohtuullinen ja korkea. Kuormitustasot on esitetty taulukossa 7. Taulukon 7 tiedot on koostettu käyttämällä lähtötietoina aiemmin esitettyä taulukkoa 5, jonka sisältämistä Tukholman hulevesistrategian haitta-ainepitoisuusrajoista on yksikkömuunnoksella laskettu kuormitustasot yksikössä $\text{kg}/\text{km}^2/\text{a}$. Taulukon arvot ovat ainoastaan suhteellisia luokituksia, eivätkä siten arvioi ympäristövaikutuksia.

Taulukko 7. Huleveden kuormitustasot.

Huleveden kuormitustasot ($\text{kg}/\text{km}^2/\text{a}$)			
Kuormitustaso	Kiintoaine	Kokonaisfosfori	Kokonaistyyppi
Matala	< 16000	< 32	< 400
Kohtuullinen	16000-56000	32-64	400-1600
Korkea	> 56000	> 64	> 1600

Matalia pitoisuuksia sisältävää hulevettä ei ole yleensä ole tarpeen puhdistaa, kohtuullisia pitoisuuksia sisältävän huleveden puhdistamistarve täytyy tarkastella tapauskohtaisesti, ja korkeita pitoisuuksia sisältävä hulevesi tulisi aina puhdistaa. Matalia ja kohtuullisia pitoisuuksia sisältävän huleveden puhdistustarvetta arvioitaessa on otettava huomioon valuma-alueen eri osista tulevat erisuuruiset kuormitusmäärät. Kuormituksen alentamistarpeeseen vaikuttaa hulevesiä vastaanottavan vesistön tila.

Kullakin vesistöllä on tietty kuormituksen sietokyky. Suuret järvet voivat sietää kasvanutta kuormitusta pitkäänkin ennen kuin vesistössä alkaa näkyä näkyviä haittavaikutuksia, kuten rehevöitymistä. Pienet vesistöt kuten esimerkiksi lammet voivat rehevöityä nopeastikin kuormituksen lisääntyttyä.

11 KAUPUNKIALUEEN HULEVESIEN TAVOITTEIDEN JA TARPEIDEN TUNNISTAMINEN

11.1 Kuopion yleistiedot

Kuopiossa on noin 112 000 asukasta (2016), joista 80 % asuu keskeisellä kaupunkialueella. Kuopion keskeinen kaupunkialue ulottuu pohjoisesta Sorsasalosta etelään Hiltulanlahteen. Asemakaavoitettua aluetta keskeisellä kaupunkialueella on noin 62 km². Koko Kuopion pinta-ala on noin 3 700 km², josta vesialueita on vajaa kolmannes ja metsää noin puolet. Rantaviivaa Kuopiolla on noin 5 400 km. Kuopion metsistä kolmannes on kuusivaltaisia lehtoja tai lehtomaisia kankaita.

Pinnanmuodoiltaan Kuopion seutu on rikkonaista ja vaihtelevaa vuori- ja mäkimaata, ja paikalliset korkeuserot ovat suuria. Kuopion korkeimmat mäet kohoavat noin 240 metriin. Kallioperä on pääasiassa graniittigneissä ja maaperä suurimmaksi osaksi pohjamoreenia, joka sisältää myös paljon hie- noja ainesosia. Maalajikerrokset ovat usein hyvin ohuita, ja avokallioita on näkyvissä monin paikoin.

Ilmastoltaan Kuopio on selvästi Länsi-Suomea mantereisempaa, joka ilmenee suurempana vuotuis- ten lämpötilojen vaihteluna. Kasvukaudella Kuopiossa on lämpimämpää ja vastaavasti talvet ovat kylmempiä. Kallavesi aiheuttaa Kuopion ympäristöön lämpimämmät yöt kesäisin ja syksyisin, piden- täen samalla kasvukautta. Terminen kasvukausi kestää noin viisi kuukautta ja keskilämpötila Kuopi- ossa on 2 - 3 astetta plussan puolella. Kuopion vuotuinen sademäärä on noin 550 - 600 mm, josta noin 60 % tulee vetenä ja 40 % lumena.

Kuopion ja samalla koko Pohjois-Savon suurin järvi, Kallavesi, kuuluu Vuoksen vesistöön ja sen pin- ta-ala on noin 470 km². Kallavesi on rannoiltaan varsin kivikkoinen ja siinä on noin 2 000 saarta. Kal- lavesi on matalahko, keskisyvyyden ollessa 8,9 metriä ja syvimmän kohdan 75 metriä. Kallaveden keskivedenpinta on 82 metriä merenpinnasta. Suomen Ympäristökeskuksen uusimman, vuoden 2013 tiedon mukaan Kallaveden ekologinen tila on keskeistä kaupunkialuetta ympäröivän vesistön osalta hyvä.

Keskeisellä kaupunkialueella sijaitsee noin kolmekymmentä pienvettä, joista useimmat ovat kaupun- gin omistuksessa. Vesistöt ovat humuspitoisia, väriltään rusehtavia sekä varsin matalia. Useimmat pienvesistä ovat reheviä tai erittäin reheviä, ja kärsivät ajoittain myös alusveden hapen puutteesta. Kaupunkialueen vesistöillä osalla on suuri maisemallinen merkitys, ja lisäksi osaa käytetään uinti-, kalastus-, ja veneilypaikkoina.

11.2 Työn toteutuksesta

Työssä keskityttiin Kuopion keskeisen kaupunkialueen hulevesien hallinnan tavoitteiden ja tarpeiden tunnistamiseen. Tarpeiden ja tavoitteiden arviointi toteutettiin lahtien ja pienvesien valuma- alueittain. Lisäksi selvitettiin myös hulevesitulvakohteet sekä vesistö- ja lampitulva-alueet. Työn to- teutuksen tarkemmat vaiheet on esitelty seuraavissa kappaleissa.

Kuopion keskeisellä kaupunkialueella on useita matalia ja suljettuja lahtia, jotka ovat herkkiä ulkoiselle kuormitukselle. Lisäksi keskeisellä kaupunkialueella on reilu 30 pienvettä, joista usean tila on heikentynyt mahdollisesti ihmistoiminnan vaikutuksesta. Tavoitteena on saavuttaa vesistöissä vesipuitedirektiivin mukainen vesistön hyvä tila tai ylläpitää jo saavutettua hyvää tilaa. Lahtien ja pienvesien tilaa ja kuormituksen sietokykyä arvioitiin Vollenweiderin mallilla, sekä huleveden kuormitustason määrittelyllä. Kallaveden perustuotantoa rajoittava minimiravinne on fosfori, joten rehevöitymisriskiä arvioitiin fosforin perusteella.

Kaikki laskelmat toteutettiin yhteen laajaan Excel-työkirjaan, joka sisältää lähtötiedot ja -arvot, laskelmien tulokset sekä kaaviot. Työkirja laadittiin sellaiseksi että muutosten ja päivitysten tekeminen siihen olisi helppoa ja nopeaa. Taulukoiden käyttö automatisoitiin mahdollisimman pitkälle, jotta käsinlaskentaa tarvitaan mahdollisimman vähän ja samalla laskuvirheiden todennäköisyys vähenee huomattavasti. Taulukot laadittiin toimimaan niin että jos lähtöarvoja, kuten esimerkiksi valumaker toimia on tarpeen muuttaa, sen myötä kaikki laskelmat päivittyvät automaattisesti uusien arvojen mukaisiksi. Koska valuma-alueita joille laskelmia toteutettiin oli useita kymmeniä, nopeutti tällaisen työkirjan käyttö työntekoa huomattavasti. Kaikki kartta-aineistot sekä tietokannat on luotu Mapinfo-paikkatieto-ohjelmassa.

11.3 Käytetyt lähtöaineistot

Työn toteutuksessa hyödynnettiin seuraavia valmiita Kuopion kaupungin Mapinfo-tietokantoja:

- Taustakartat: peruskartta2, peruskartta_mv_kuopio
- Tietokannat: vesimaski, kysely_PIMA_tiedot_POS_3_2016, korkeuskayra, kayrat, maaperä4m, sadevesi, pkv_virtavedet, rakennus, k_kiint, vesistotulva_250_Pohjois_Savo, naturakohde_ma, Isalueyks_gk27, kosteikot, rankkasadetulvat

Lisäksi laadittiin uusia tai muokattiin seuraavia olemassa olevia Mapinfo-tietokantoja:

- Lahtialueittain_YHD, lampien_rajat, asemakaavat_MUOK, vedenjakaja, virtausnuolet, pienvedet, nimet, kaavaraja_keskeinen_ka, lähteet, purkupaikat, kaikki_norot_2015_MUOK, yhdistelmä_kaava_vanhaYK, tulvakohteet_2015, lampitulva_2m, hulevesi_laadul, hulevesi_maaral, suojelualueet_YHD

Uusien tai muokattujen tietokantojen tarkemmat tiedot on esitetty liitteessä 9.

Pilaantuneiden maa-alueiden ja vesistötulvien tiedot saatiin Ympäristöhallinnon aineistoista. Maaperätiedot ovat peräisin Geologian tutkimuskeskuksen aineistoista.

11.4 Valuma-alueet

Valuma-alueiden määrittäminen toteutettiin MapInfo-paikkatieto-ohjelmistolla. Kuopion kaupungin paikkatietoaineistoista oli saatavilla vuonna 2006 valmistunut valuma-alueääritys, jota käytettiin tämän työn pohjana. Kyseisen määrittelyn rajauksia oli tarvetta päivittää ja tarkistaa, koska keskeinen kaupunkialue on muuttunut täydennysrakentamisen myötä, ja sitä myötä ovat muuttuneet myös valuma-alueet sekä hulevesien virtausreitit. Määrittelyn pohjana käytettiin kyseisiä aiempia rajauksia, korkeuskäyriä, hulevesiverkostoa, virtavesiaineistoa sekä vuosien 2014 ja 2015 norokartoituksia. Keskeistä kaupunkialuetta tarkasteltiin lähemmin myös satelliittikuvista, ilmakuvista sekä kaupungin Taavi-karttapalvelusta. Valuma-alueiden määrittelyssä huomioitiin hulevesiverkoston, uomien, purojen ja norojen vaikutus valuma-alueiden rajoihin. Rakennetun alueen valuma-alue voi olla erilainen verrattuna luonnontilaiseen, koska hulevesien johtaminen sekä rakennetut tiiviit pinnat vaikuttavat valuma-alueen rajoihin. Luonnontilaisilla alueilla hulevesien virtauksiin vaikuttavat purot ja norot.

Valuma-alueiden pinta-alat laskettiin MapInfo-paikkatieto-ohjelmassa valuma-alue-rajajien perusteella. Pinta-ala-arvot on tämän jälkeen siirretty Excel-tilukkolaskentaohjelmaan myöhempien laskelmien pohjaksi. Valuma-alue-rajauksen myötä keskeinen kaupunkialue jakautui 46 eri valuma-alueeseen (kuva 7).

11.5 Maankäyttömuodot

Maankäyttömuotojen selvittämiseksi hyödynnettiin Kuopion kaupungin olemassa olevia tietokantoja kaupungin kaavarajoista sekä maankäyttömuodoista. Tietokantoina käytettiin ajantasa-asemakaavaa (1.1.2016), yleiskaavaa (2001) sekä osayleiskaava (2010). Tietokantoja yhdistämällä koostettiin keskeisen kaupunkialueen maankäyttömuodot sisältävä tietokanta. Tämän jälkeen tietokanta käytiin läpi vertailemalla sitä vuoden 2014 satelliittikuva-aineistoon, joka oli saatavissa Kuopion kaupungin Taavi-karttapalvelusta. Satelliittikuvien perusteella tietokantaa editoitiin niin, että maankäyttömuodot vastaavat satelliittikuvissa näkyvää maankäyttöä. Muokkaus toteutettiin, jotta maankäyttö vastaisi mahdollisimman hyvin kesällä 2016 vallinnutta todellista tilannetta. Tällöin myös kuormituslaskelmien tulokset vastaavat nykytilan mukaista maankäyttöä. Jokaisesta valuma-alueesta saatiin maankäyttömuodot sisältävä tietokanta. Tästä tietokannasta eri maankäyttömuotojen pinta-alat valuma-alueittain siirrettiin Excel-tilukkolaskentaohjelmaan.

Koska keskeisellä kaupunkialueella on tietokannassa käytetty lähes sataa eri kaavamerkintää maankäyttömuotoja erottelemaan, täytyi laskelmia varten käyttömuotoja yhdistellä. Käyttömuotojen määrä rajautui sen mukaan mille löytyi kirjallisuudesta valunta- sekä ominaiskuormituskertoimet. Katu-alueille määriteltiin oma kaavamerkintä ”katu” ja tyhjille tai tuntemattomille alueille merkintä ”tyhjä”. Katujen on oletettu olevan ominaisuuksiltaan ja kertoimiltaan liikennealueen kaltaisia ja tyhjien alueiden metsäalueiden kaltaisia. Rajauksen myötä käytettävät kaavamerkinnot rajautuivat 17 kappaleeseen ja aluemuodot 13 kappaleeseen. Laskelmia varten kaavamerkintöjä yhdistettiin sopivien

aluemuotojen alle, kuten esimerkiksi metsäalueisiin kaavamerkinnoilla "M", "S", tai "tyhjä" olleet alueet. Työssä käytetyt aluetyypit sekä niitä vastaavat kaavamerkinnot on esitetty taulukossa 8.

Taulukko 8. Aluetyypit ja niitä vastaavat kaavamerkinnot

Kaavamerkinnot	
Aluetyyppi	Kaavamerkintä
Kerrostaloalue	AK
Omakotitaloalue	AO
Rivitaloalue	AR
Teollisuusalue	E, T
Liikennealue	katu, L
Rautatiealue	LR
Metsäalue	M, S, tyhjä
Peltoalue	MU
Palvelun ja hallinnon alue	P
Matkailualue	R
Viheralue	V
Vesistöt	W
Julkisten rakennusten alue	Y

11.6 Valumiskerroin

Työssä hyödynnettiin taulukossa 3 esitettyjä KATU 2002 -teoksen valumakertoimia. Maankäyttömuodoille, joille ei löytynyt valmiiksi määriteltyä kerrointa, on asetettu mahdollisimman hyvin maankäyttöä vastaava kerroin. Kerrointa määritettäessä on huomioitu vastaanvanlaisten alueiden tunnetut kertoimet, ja että kerrointa ei aseteta liian pieneksi. Hieman yläkanttiin asetettu kerroin on varmempi ratkaisu jotta hulevesijärjestelmät mitoitetaan kapasiteetiltaan riittävän suuriksi. Lopulliset tähän työhön valitut valumiskertoimet eri maankäyttömuodoille on esitetty taulukossa 9.

Taulukko 9. Työssä käytetyt valumiskertoimet

Valumakertoimet	
Aluetyyppi	Kerroin
Umpinainen kerrostalokortteli (lähiö)	0,7
Omakotialue	0,25
Rivitaloalue	0,6
Teollisuusalue	0,8
Kadut, asfaltti	0,8
Liikennealue, asfaltti	0,8
Rautatiealue	0,2
Metsäalue	0,05
Peltoalue	0,1
Palvelujen ja hallinnon alue	0,8
Matkailualue	0,2
Metsäalue	0,05
Teollisuusalue	0,8
Tyhjä / tuntematon alue	0,05
Viheralue	0,1
Laskeuma	0
Julkisten rakennusten alue	0,8

11.7 Valuma

Työssä käytettiin tämän työn kappaleessa "Huleveden määrä" kerrottua Suomen keskivalumaa (10 l/s/km²). Kyseistä keskimääräistä valuma-arvoa käytettiin, koska sen avulla päästään laskelmissa riittävän tarkkoihin lopputuloksiin.

11.8 Mitoitussade

Työhön valittiin neljä erilaista mitoitusadetta käyttämällä kuvan 4 kuvaajaa. Mitoitussateita valittiin neljä, jotta saataisiin tuloksia erilaisien sadetapahtumien aiheuttamista hulevesivirtaamista. Sadetapahtumat valittiin yleisesti käytettyjen arvojen pohjalta. Arvot valittiin niin, että laskelmista saadaan hulevesivirtaamat yleisimpien sadetapahtumien lisäksi myös hulevesitulvatapahtumille, joita eritoten kerran kerran 100 vuodessa toistuva rankkasade edustaa. Laskelmissa käytettiin seuraavia mitoitus-
sateita

- Mitoitussade 1: kerran 4 vuodessa toistuva 10 minuutin sade (150 l/s/ha)
- Mitoitussade 2: kerran 10 vuodessa toistuva 10 minuutin sade (190 l/s/ha)
- Mitoitussade 3: kerran 35 vuodessa toistuva 10 minuutin sade (250 l/s/ha)
- Mitoitussade 4: kerran 100 vuodessa toistuva 10 minuutin sade (300 l/s/ha).

11.9 Hulevesivirtaama

Hulevesivirtaamat laskettiin aiemmin mainituille neljälle mitoitusadetapahtumalle. Virtaamat laskettiin kaavan 1 mukaisesti jokaiselle valuma-alueelle ensin maankäyttömuodoittain, jonka jälkeen tulokset laskettiin yhteen kokonaisvirtaaman laskemiseksi. Lisäksi laskettiin myös miltä maankäyttömuodolta tulee eniten hulevettä. Laskelmilla saadaan selville, kuinka paljon vettä virtaa lahtiin tai pienvesiin.

11.10 Ominaiskuormitus

Huleveden aiheuttama vesistökuormitus laskettiin arvioimalla ainehuuhtouma pinta-ala- ja aikayksikköä kohti. Ominaiskuormituslaskelmat tehtiin jokaiselle valuma-alueelle kiintoaineen, BOD₇, COD_{Mn}, kokonaisfosforin, kokonaistypen, lyijyn, kuparin, kadmiumin, sinkin, kromin, nikkelin ja sulfaatin osalta. Erityinen huomio laskelmissa kiinnitettiin kiintoaineeseen sekä fosforiin, koska kiintoaine on suurin kuormittaja ja fosfori hulevesissä pääosin kiintoaineeseen sitoutuneena.

Ominaiskuormitukset laskettiin muuttamalla jokaiselta valuma-alueelta lasketut eri maankäyttömuodot sopivaan yksikköön (km²), jonka jälkeen arvot kerrottiin taulukon 6 mukaisilla ominaiskuormitusarvoilla. Kaikille maankäyttömuodoille ei ollut saatavissa kuormitusarvoja, joten näille maankäyttömuodoille ei toteutettu laskelmia kaikkien haitta-aineiden osalta.

Lisäksi laskettiin valuma-alueittain kokonaiskuormitus, suurin kokonaiskuormittaja ja suurin kokonaiskuormituslähde, suurin kiintoaine- ja fosforilähde, sekä eri maankäyttömuotojen prosenttiosuudet kiintoaine- ja fosforikuormituksesta.

11.11 Fosforikuormitus

Vesistöihin tulevaa ulkoista kuormitusta mallinnettiin Vollenweiderin fosforimallin avulla (kuva 5). Fosfori on Kallaveden perustuotantoa rajoittava minimiravinne, joten Vollenweiderin mallin avulla voitiin arvioida vesistön rehetöitymisriskiä.

Vollenweiderin fosforimallista oli saatavilla valmis Excel-työkirja, johon syötettiin valuma-alueelaskelmista saadut valuma-alueen koko sekä ominaiskuormituslaskelmista saatu fosforikuormitus. Muut tarvittavat tiedot, kuten vesistön keskisyvyys, pinta-ala, sekä tilavuus, saatiin Kuopion kaupungin lahti- ja lampikorteista. Mallia käytettiin sekä pienvesille että suljetuille lahtialueille. Avoimille lahtialueille malli ei sovellu, joten niiden osalta mallia ei toteutettu.

11.12 Huleveden kuormitustaso ja sen alentamistarve

Hulevesien aiheuttamaa kuormitustasoa vesistöön arvioitiin taulukon 7 avulla kiintoaineelle, kokonaisfosforille sekä kokonaistypelle. Kuormitukset luokiteltiin matalaan, kohtuulliseen ja korkeaan. Kyseisen taulukon arvot ovat kuormituksia muodossa kilogrammaa neliökilometriä kohden per vuosi, eli toisin sanoen yhden neliökilometrin alueelta vuosittain tuleva haitta-ainemäärä. Jotta taulukkoa voitiin hyödyntää, jaettiin kuormituslaskelmista saatu kiintoaine-, fosfori-, ja typpimäärä valuma-alueen pinta-alalla. Täten saatiin suhteutettu valuma-alueen kuormitustasolukema, jota voitiin verrata taulukon arvoihin ja määrittää kuormitustaso.

11.13 Norot

Kuopion kaupunki luokittelee norot neljään eri luokkaan, jotka ovat

- 3 = luonnontilainen (luonnontilainen, muuttumaton noro)
- 2 = luonnontilaistunut (ojituksen ja kaivamisen merkit pääosin hävinneet)
- 1 = muuttunut (ojamainen uoma)
- 0 = täysin muuttunut (rakennettu uoma, uusi oja tai rumpuputki).

Luokan 2 ja varsinkin luokan 3 norot ovat suojeltavia, ja niiden muokkaaminen on usein vesilain mukaisesti luvanvaraista. Luokitukset perustuvat maastokäynteihin, ja ovat suuntaa-antavia. Joidenkin norojen osalta tallennetuissa tiedoissa voi olla puutteita. Edellä mainittuja luokituksia on käytetty valuma-aluekohtaisissa kartoissa norojen luokitteluun. Työssä käytettiin vuosina 2014 - 2015 kaupungin toteuttamia norokartoituksia.

11.14 Huleveden laadullinen hallinta

Huleveden laadullista hallintaa vaativat alueet on merkitty valuma-aluekohtaisiin karttoihin punaisella viivarasterilla. Alueiden rajaukset pohjautuvat suurta kuormitusta aiheuttaviin maankäyttömuotoihin. Tässä työssä laadullista huleveden hallintaa vaativiksi kohteiksi on merkitty kaikki teollisuus- sekä

palveluiden ja hallinnon alueet, moottoritie ja keskusta-alue. Alueista on rajattu pois pilaantuneet maa-alueet, jyrkät rinteet sekä kallioalueet, joilla ei voida toteuttaa huleveden imeyttämistä.

11.15 Huleveden määrällinen hallinta

Huleveden määrällistä hallintaa vaativat kohteet on merkitty valuma-aluekohtaisiin karttoihin pisteobjekteina. Ongelmakohdat perustuvat havaittuihin hulevesitulvakohteisiin. Määrällistä hallintaa vaativiksi kohteiksi on merkitty kapasiteetista, jäätymisestä, roskaantumisesta tai muusta syystä tulvivat kohteet, kuten hulevesikaivot tai -putket.

11.16 Vesistö- ja lampitulva-alueet

Valuma-aluekohtaisiin karttoihin on merkitty sinisellä viivarasterilla lampitulva-alueet (+2 m keskivedenkorkeudesta) sekä kerran 250 vuodessa tapahtuvat vesistötulvat. Vesistötulva-alueet on saatu Ympäristöhallinnon aineistoista. Tulva-alueille ei saa toteuttaa rakentamista.

11.17 Hulevesitulvakohteet

Työssä päivitettiin keskeisen kaupunkialueen hulevesitulvakohteet vuoden 2015 lopun tilanteeseen. Vuoden 2010 jälkeen havaitut uudet hulevesitulvakohteet päivitettiin olemassa olevaan tietokantaan. Hulevesitulvakohteet luokiteltiin tietokantaan tulvan aiheuttaneen syyn perusteella, joita ovat esimerkiksi kapasiteettiongelma, jäätyminen ja roskaantuminen. Hulevesitulvakohteet on merkitty valuma-aluekohtaisiin karttoihin pisteobjekteina.

11.18 Pilaantuneet maa-alueet

Pilaantuneet-alueet (PIMA) on merkitty valuma-aluekohtaisiin pohjamaakarttoihin pisteobjekteina. PIMA -alueiden tiedot on saatu Ympäristöhallinnon aineistoista. Kohteissa on sekä pilaantuneiksi todettuja että maaperätutkimuksia vaativia kohteita. Kaikki PIMA -kohteet niiden tyypistä riippumatta on tässä työssä oletettu alueiksi, joilla ei voida toteuttaa hulevesien käsittelyä kuten imeytystä.

11.19 Maa- ja kallioperä

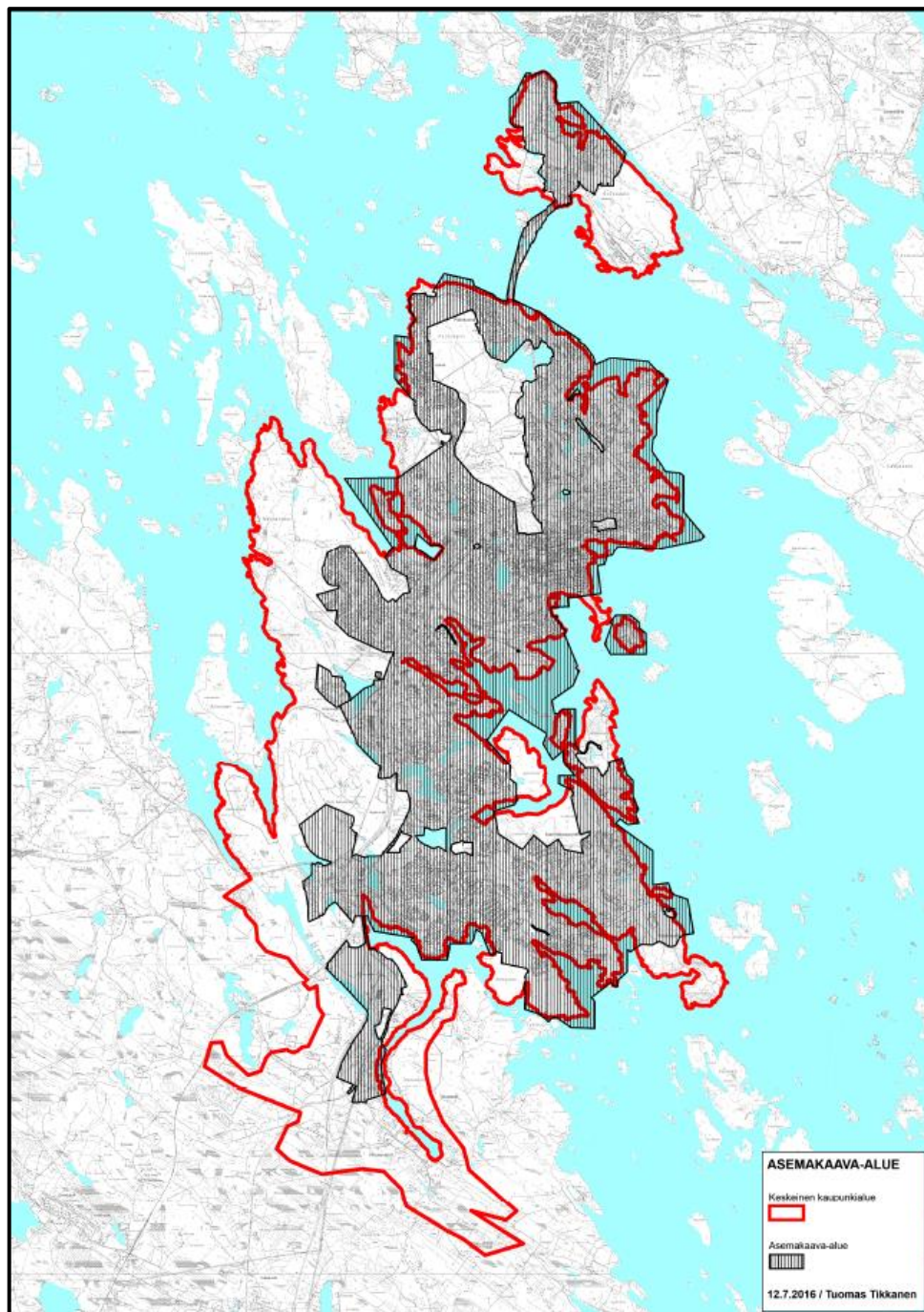
Työssä selvitettiin jokaisen valuma-alueen maa- sekä kallioperä. Maaperästä tehtiin kartat valuma-alueittain, ja ne löytyvät tämän työn liitteistä. Maaperä on keskeisellä kaupunkialueella kartoitetuilta osin enimmäkseen moreeni- tai kalliomaata. Keskusta-alue on pääosin kartoittamatta. Hulevesien imeyttämistä voidaan toteuttaa hiekka- ja hienoainesmoreenimaalla, soralla sekä hiekalla. Hietamaiden imeytysmahdollisuudet vaativat lisäselvityksiä. Imeyttämistä ei voida toteuttaa kallio- tai kivi- maalla, hiesulla, savella, turpeella, liejulla, täytemaalla, eikä pilaantuneilla maa-alueilla.

11.20 Natura- ja muut luonnonsuojelualueet

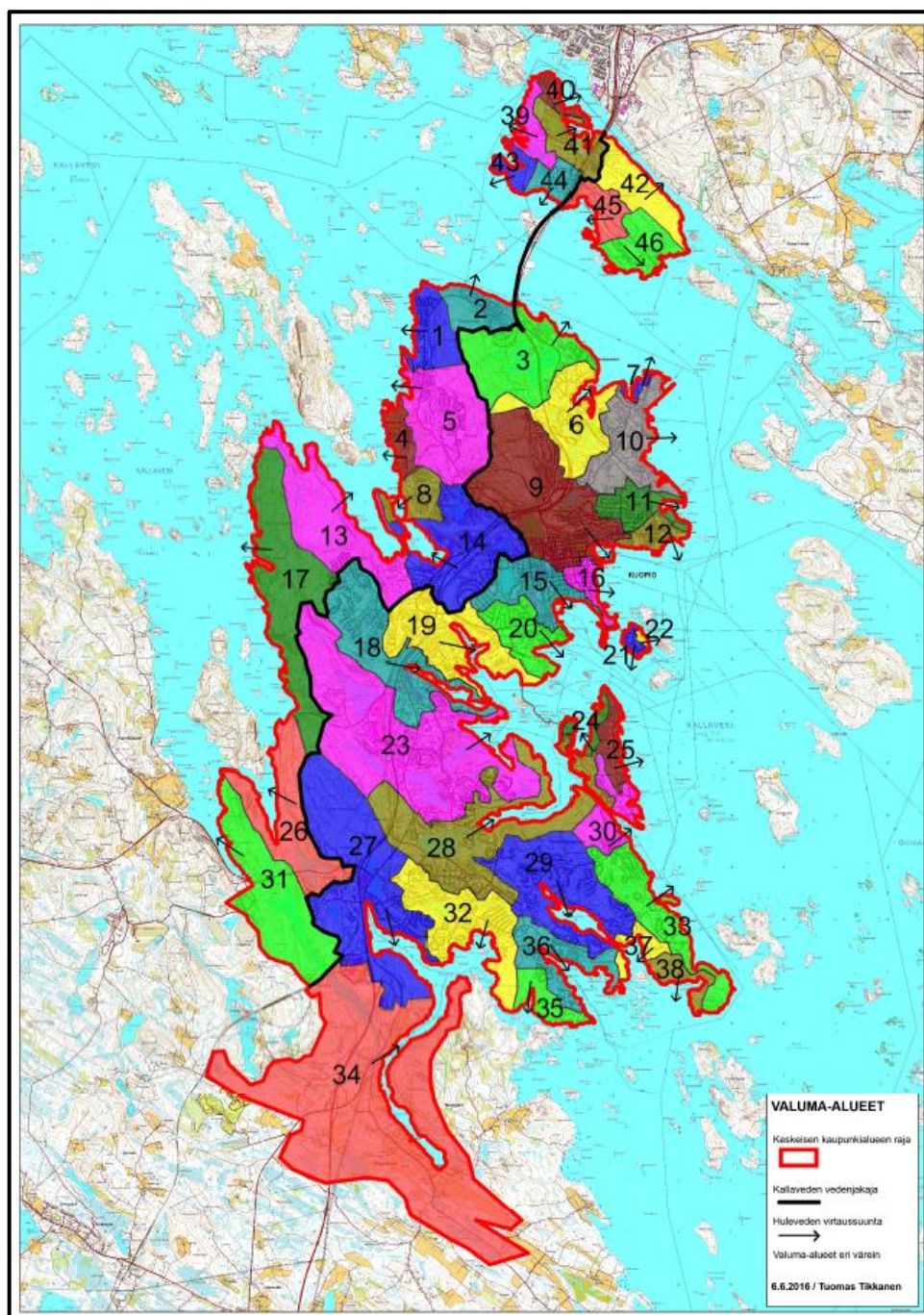
Natura- ja muut luonnonsuojelualueet on merkitty valuma-aluekohtaisiin karttoihin vihreällä viivarasterilla. Lähtökohtaisesti suojelualueet ovat sellaisia, joille ei saa toteuttaa rakentamista.

12 KESKEISEN KAUPUNKIALUEEN TARKASTELU

Valuma-alueiden yhteenlaskettu pinta-ala on noin 96 km², josta noin 62 km² (65 %) on asemakaavoitettua aluetta (kuva 6). Pohjois-Kallaveteen purkaa vetensä 15 valuma-alueella ja Etelä-Kallaveteen 31 valuma-alueella. Tässä työssä Kuopion keskeinen kaupunkialue jaettiin 46 valuma-alueeseen lahtialueittain kuvan 7 mukaisesti.



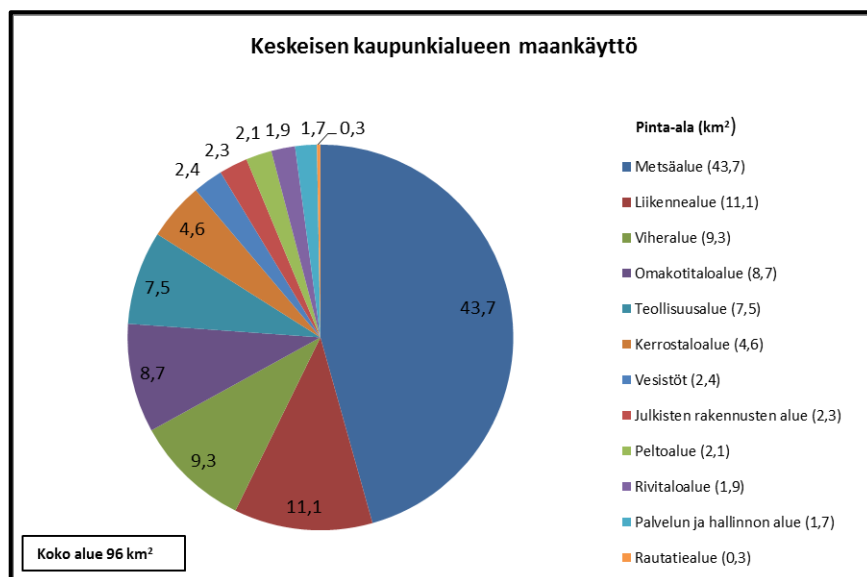
Kuva 6. Keskeisen kaupunkialueen valuma-alueet ja asemakaavoitetut alueet



Kuva 7. Keskeisen kaupunkialueen valuma-alueet

Keskeisen kaupunkialueen valuma-alueilla on 32 pienvettä, kymmenen lähettä, paljon noroja, sekä lukuisia Natura- ja luonnonsuojelualueita. Kuopion keskeisellä kaupunkialueella ei sijaitse ollenkaan vedenhankinnan varten tärkeitä pohjavesialueita (I-luokka) tai vedenhankintakäyttöön soveltuvia pohjavesialueita (II-luokka). Kuopion keskeisen kaupunkialueen hulevesijärjestelmä koostuu 278 kilometristä hulevesiviemäreitä, lukuisista ojista, sekä 21 kaupungin rakentamasta kosteikosta.

Maankäyttö keskeisen kaupunkialueen lahtien valuma-alueilla jakautuu kuvion 1 mukaisesti.



Kuvio 1. Keskeisen kaupunkialueen maankäyttö

Keskeiseltä kaupunkialueelta kulkeutuu huleveden mukana Kallaveteen vuodessa hieman yli 1,8 miljoonaa kg kiintoainetta, 3 000 kg fosforia sekä 49 000 kg typpeä. Määrällisesti kuormittaja on teollisuusalueilta tuleva kiintoaine. Kiintoainetta ja fosforia kulkeutuu Kallaveteen eniten teollisuus- ja liikennealueilta. Kuopion merkittävimmät päästölähteet ovat Haapaniemen voimalaitos, Savon Sellu Sorsasalossa sekä liikennealueet, varsinkin koko keskeisen kaupunkialueen halki kulkeva vilkasliikenteinen moottoritie E63. Ominaiskuormituslaskut on esitetty taulukossa 10.

Taulukko 10. Keskeisen kaupunkialueen aiheuttama hulevesikuormitus nykytilanteessa

OMINAISKUORMITUS (kg/km ² /a)					
Alue	Kiintoaine	Kokonaisfosfori	Kokonaistyyppi	Osuus kiintoaine kuormituksesta (%)	Osuus fosforikuormituksesta (%)
Kerrostaloalue	99 309	176	4 093	5,4	5,9
Omakotitaloalue	84 424	210	4 326	4,6	7,0
Rivitaloalue	18 438	46	945	1,0	1,5
Teollisuusalue	594 074	647	2 181	32,4	21,7
Liikennealue	411 457	456	3 336	22,4	15,3
Rautatiealue	10 142	11	82	0,6	0,4
Metsäalue	13 539	437	9 172	0,7	14,7
Peltoalue	207 306	207	2 695	11,3	7,0
Palvelun ja hallinnon alue	37 292	66	1 537	2,0	2,2
Matkailualue	374	1	19	0,0	0,0
Viheralue	307 301	559	15 831	16,8	18,8
Vesistöt	0	75	2 414	0,0	2,5
Julkisten rakennusten alue	49 125	87	2 025	2,7	2,9
YHTEENSÄ (kg/a)	1 832 782	2 977	48 654		
SUURIN KUORMITUS	Kiintoaine				
SUURIN KIINTOAINELÄHDE	Teollisuusalue				
SUURIN FOSFORILÄHDE	Teollisuusalue				

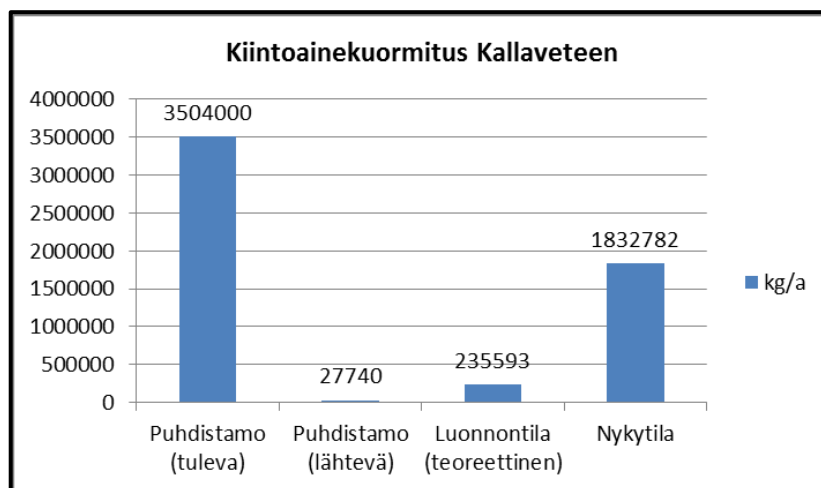
Jos keskeistä kaupunkialuetta tarkastellaan teoreettisessa luonnontilassa, jossa koko keskeisen kaupunkialueen tilalla olisi vain luonnontilaista metsää, peltoa ja vesistöä, olisivat kuormitukset taulukon 11 mukaiset. Tällöin keskeiseltä kaupunkialueelta kulkeutuisi huleveden mukana Kallaveteen 240 000 kg kiintoainetta, 1 200 kg fosforia sekä 24 000 kg typpeä vuodessa. Määrällisesti suurin kuormittaja olisi peltoalueilta tulevat sulfaatit.

Taulukko 11. Keskeisen kaupunkialueen aiheuttama hulevesikuormitus teoreettisessa luonnontilassa

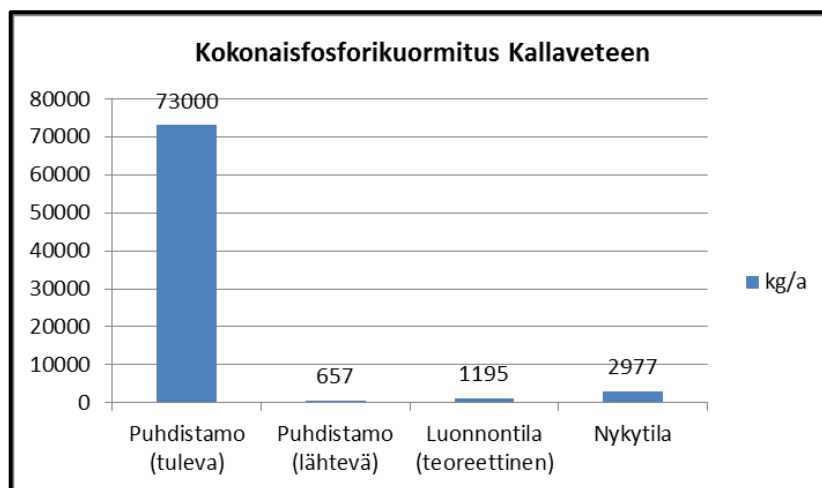
OMINAISKUORMITUS (kg/km ² /a)					
Alue	Kiintoaine	Kokonaisfosfori	Kokonaistyyppi	Osuus kiintoaine kuormituksesta (%)	Osuus fosforikuormituksesta (%)
Kerrostaloalue				0,0	0,0
Omakotitaloalue				0,0	0,0
Rivitaloalue				0,0	0,0
Teollisuusalue				0,0	0,0
Liikennealue				0,0	0,0
Rautatiealue				0,0	0,0
Metsäalue	28 286	912	19 162	12,0	76,4
Peltoalue	207 306	207	2 695	88,0	17,4
Palvelun ja hallinnon alue				0,0	0,0
Matkailualue				0,0	0,0
Viheralue				0,0	0,0
Vesistöt	0	75	2 414	0,0	6,3
Julkisten rakennusten alue				0,0	0,0
YHTEENSÄ (kg/a)	235 593	1 195	24 271		
SUURIN KUORMITUS	Sulfaatti				
SUURIN KIINTOAINELÄHDE	Peltoalue				
SUURIN FOSFORILÄHDE	Metsäalue				

Kaupunkialueen rakentaminen on teoriassa lisännyt Kallaveden vuotuista kiintoainekuormitusta 778 %, kokonaisfosforikuormitusta 249 % ja kokonaistyyppikuormitusta 200 % verrattuna teoreettiseen luonnontilaan.

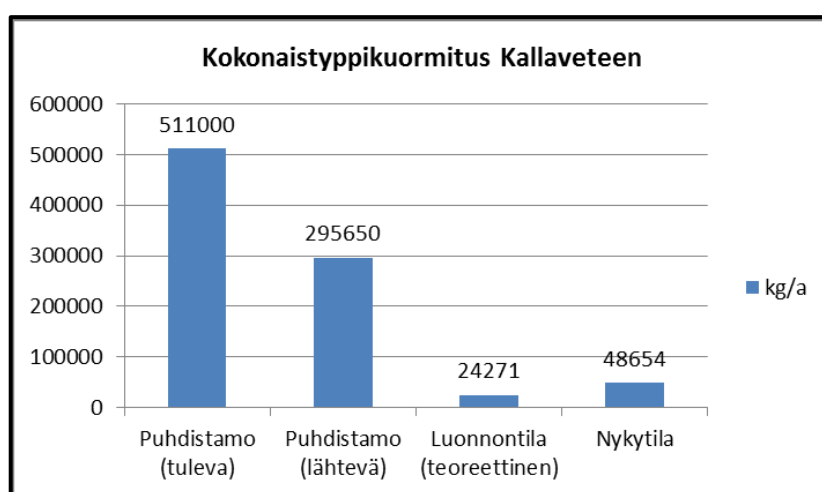
Huleveden aiheuttamia kuormituksia teoreettisessa luonnontilassa sekä nykytilassa voidaan verrata myös Kuopion Veden Lehtoniemen jätevedenpuhdistamolle tuleviin ja sieltä Kallaveteen päästettäviin kiintoaine-, kokonaisfosfori- ja kokonaistyyppikuormituksiin (kuvat 8, 9, 10). Vertailutiedot on koottu yhteen taulukkoon 12.



Kuva 8. Kiintoainekuormitusten vertailu



Kuva 9. Kokonaisfosforikuormitusten vertailu



Kuva 10. Kokonaistyyppikuormitusten vertailu

Taulukko 12. Kuormitusvertailu

KUORMITUS (kg/a)			
-	Kiintoaine	Kokonaisfosfori	Kokonaistyyppi
Luonnontila (teoreettinen)	235593	1195	24271
Nykytila	1832782	2977	48654
Jätevedenpuhdistamo (tuleva)	3504000	73000	511000
Jätevedenpuhdistamo (lähtevä)	27740	657	295650

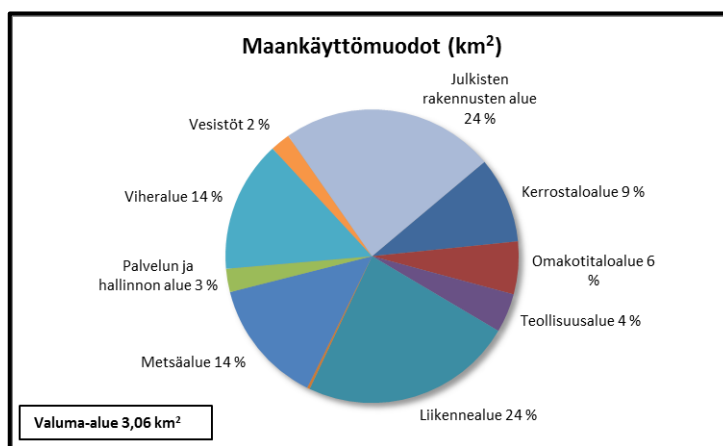
Keskeisen kaupunkialueen valuma-alueiden kiintoaineen ja fosforin kuormitustasot on esitetty liitteissä 5 ja 6. Korkeita kuormitustasoja fosforin osalta on laskelmien perusteella kolmella valuma-alueella Sorsasalossa, Kelloniemessä ja keskustassa (valuma-alueet 7, 16 ja 46). Korkeita kiintoainekuormituksia on laskelmien perusteella vain yhdellä valuma-alueella (valuma-alue 46).

Keskeisen kaupunkialueen lampien valuma-alueiden kiintoaineen ja fosforin kuormitustasot on esitetty liitteissä 7 ja 8. Lampialueilla ei laskelmien perusteella ole korkeita kuormituksia kiintoaineen ja fosforin osalta.

13 SAVILAHDEN VALUMA-ALUEEN TARKASTELU

Maankäyttö ja ympäristö

Savilahden valuma-alue (alue 14 kuvassa 7) on kooltaan 3,06 km², ja se on kokonaan asemakaavoitettua aluetta (kuva 6). Valuma-alue eri maankäyttömuotoineen on esitetty liitteessä 1. Valuma-alueen maankäyttömuotojen jakautuminen on esitetty kuviossa 2.



Kuvio 2. Savilahden valuma-alueen maankäyttömuotojen jakautuminen

Valuma-alueen keskiosassa on laaja palvelujen ja hallinnon rakennusten sekä teollisuuden keskittymä. Alueen pohjois- ja eteläosissa on kerrostalo- ja omakotitaloalueita. Aluetta halkoo pohjois-eteläsuunnassa rautatie ja moottoritie E63. Alueen maisemallinen ja virkistysellinen merkitys on suuri, varsinkin Savilahden pohjukan osalta.

Kallio- ja maaperä sekä topografia

Maaperältään valuma-alue on varsin vaihtelevaa. Suurimmaksi osaksi alue on hiekkamoreenia sekä kalliomaata, mutta alueelta löytyy myös hiekkaa, hiesua, savea sekä turvetta. Alueella on kalliomaapaljastumia Puijonlaakson rinteillä. Kallioperältään Puijonlaakson alue on suurimmaksi osaksi tonaliittista gneissia ja Savilahden ranta-alue porfyroblastista kiillegneissia. Lisäksi alueella on pieniä alueita mafista vulkaniittia sekä kvartsiittia. Alueella sijaitsee parikymmentä pilaantunutta maa-alueita. Maaperätiedot, pilaantuneet maa-alueet sekä korkeuskäyrät on esitetty liitteessä 2.

Korkeusvaihteluiltaan alue on hyvin vaihtelevaa. Savilahden rannat ovat varsin tasaisia, kun taas Puijonlaakson ja Neulamäen rinteet paikoin hyvinkin jyrkkiä. Korkeimmat maastonkohdat löytyvät alueen pohjoisosista Puijonlaaksosta, jossa maanpinta on noin 160 metriä merenpinnasta.

Alueella on varsin paljon hulevesien imeytykseen sopivaa hiekka- ja hiekkamoreenimaata Savilahden pohjukassa, ja Pienen Mustinlammen sekä Sammakkolammen läheisyydessä.

Hulevesien imeyttämiseen sopimatonta maaperää ovat kaikki pilaantuneet maa-alueet, kalliomaat sekä jyrkät ja eroosioherkät rinteet. Hulevesien imeytykseen ei sovellu Savilahden pohjukan savi-maa-alue, Puijonlaakson kalliomaa-alueet, eikä Sammakkolampea ympäröivä turvemaa-alue. Eroosioherkkiä alueita ovat mahdollisesti Puijonlaakson ja Savilahden välinen jyrkähkö hiekkamoreeni- ja kalliomaarinne sekä Huuhanmäen hiekkamoreenirinne.

Pinta- ja pohjavesiolosuhteet

Valuma-alueella on neljän pienveden muodostama lampiketju: Pieni Sammakkolampi, Sammakkolampi, Mustinlampi sekä Pieni Mustinlampi. Pienvedet on esitetty liitteessä 1. Pienvesien tarkemmat tiedot löytyvät tämän työn kappaleesta ”Lampikohtaiset tarkastelut”.

Alueella ei sijaitse vedenhankinnan kannalta tärkeitä pohjavesialueita (I-luokka) tai vedenhankintakäyttöön soveltuvia pohjavesialueita (II-luokka), lähteitä eikä kosteikkoja. Alueella on joitakin virtavesiä Huuhanmäen rinteillä.

Vesistöveden laatu ja kuormituksen sietokyky

Savilahden tila on tutkimusten perusteella talvisin tyydyttävä ja kesäisin huono. Arvio perustuu Savilahden vedenlaadun seurantatutkimuksiin vuosina 2004, 2010, 2015 ja 2016. Vuosina 2004 ja 2010 on Savilahdesta tutkittu myös pohjasedimentin laatua sekä pohjaeläinlajistoa. Talvella Savilahti on ollut tyydyttävässä kunnossa ja kesällä tila on ollut huono. Pintaveden fosforipitoisuus on ollut kesällä 2015 erittäin rehevien vesien luokkaa. Ravinnepitoisuuksien kohoaminen pohjan lähellä kertoo siitä, että huono happitilanne aiheuttaa ainakin ajoittain ravinteiden liukenemista pohjasta (sisäinen kuormitus). Pohjan läheiset vesikerrokset ovat olleet täysin hapettomia, minkä seurauksena sisäinen kuormitus on ollut voimakasta. Pintaveden fosforipitoisuus on ollut erittäin rehevien vesien luokkaa. Myös levätuotantoa kuvaava klorofylli-a -pitoisuus luokittaa Savilahden erittäin reheväksi. Sedimenttiselvitykset vuosina 2004 ja 2010 antavat Savilahden tilasta samansuuntaisen tuloksen. Pohjan tila on tuolloin ollut lievästi kuormittunut. Pohjaeläimistön painopiste on vuosien 2004 ja 2010 välillä muuttunut lievempää rehevyyttä indikoivista lajeista hyvin rehevää pohjaa indikoivia lajeja kohti. (Pulkkinen 2016-09-02.)

Savilahden lahtialueen kuormituksen sietokyky on seurantanäytteiden tulosten perusteella selvästi heikentynyt, ja lisäkuormitusta lahteen tulee välttää. Savilahden voidaan arvioida olevan hyvin herkkä ulkoiselle kuormitukselle.

Luonnonsuojelualueet ja norot

Valuma-alueella ei ole Natura- tai muita luonnonsuojelualueita.

Noroja on 15 kpl, joista useimmat ovat tilaltaan joko luonnontilaisia (luokka 3) tai luonnontilaistuneita (luokka 2), ja siksi luonnontilaisena säilytettäviä. Huuhanmäeltä virtaa kohti Savilahtea useampi

luokan 3 tai 2 suojeltava noro. Muita huomattavia noroja ovat Mallitalontien noro (luokka 3) sekä Savilahden itäpäähän purkava noro (luokat 0-3). Norot on esitetty liitteessä 4.

Hulevesijärjestelmä

Valuma-alueella on 25 pidempää ja useita lyhyitä hulevesiviemäreitä, joiden yhteispituus on 25,06 km. Hulevesiviemäreistä suoraan Kallaveteen purkaa kolme, Sammakkolampeen viisi, Mustinlampeen viisi ja Pieneen Mustinlampeen kolme. Alueella ei ole kaupungin rakentamia hulevesikosteikkoja. Hulevesijärjestelmä on esitetty liitteessä 1.

Huleveden määrän arviointi

Valuma-alueen hulevesivirtaamat on esitetty taulukossa 13. Eniten hulevesiä tulee liikenne- ja julkisten rakennusten alueilta. Käytetyt mitoitussateet on esitetty tämän työn kappaleessa ”Mitoitussade”.

Taulukko 13. Savilahden hulevesivirtaamat eri mitoitussateilla

HULEVESIVIRTAAMA (l/s/ha)					
Alue	Valumiskerroin	1/4v 10min sade (150 l/s/ha)	1/10v 10min sade (190 l/s/ha)	1/35v 10min sade (250 l/s/ha)	1/100v 10min sade (300 l/s/ha)
Kerrostaloalue	0,70	3055	3869	5091	6110
Omakotitaloalue	0,25	668	846	1113	1336
Rivitaloalue	0,60	0	0	0	0
Teollisuusalue	0,80	1583	2005	2639	3166
Liikennealue	0,80	8646	10952	14411	17293
Rautatiealue	0,20	27	34	45	53
Metsäalue	0,05	316	401	527	633
Peltoalue	0,10	0	0	0	0
Palvelun ja hallinnon alue	0,80	946	1198	1576	1891
Matkailualue	0,20	0	0	0	0
Viherialue	0,10	666	844	1110	1332
Vesistöt	0,00	0	0	0	0
Julkisten rakennusten alue	0,80	8673	10986	14455	17346
YHTEENSÄ (l/s)		24580	31134	40966	49159
YHTEENSÄ (m ³ /s)		24,6	31,1	41,0	49,2

Pintavalunnan määrä on noin 520 000 kuutiota vuodessa, ja eniten pintavaluntaa tulee julkisten rakennusten alueilta.

Hulevesitulvariskit

Valuma-alueella on vuonna 2015 päivitetyn alustavan hulevesitulvariskiarvioinnin perusteella 17 havaittua hulevesitulvariskikohdetta. Kapasiteetista johtuneita kohteita on kolme, jäätymisestä ja roskaantumisesta yksi, roskaantumisesta kahdeksan ja muista syistä johtuneita viisi. Vuoden 2010 jälkeen havaittuja hulevesitulvakohteita on kaksi, ennen vuotta 2011 tapahtuneita tulvimisia alueella on useita. Hulevesitulvariskikohteet on esitetty liitteessä 3.

Huleveden laadun ja kuormituksen arviointi

Ominaiskuormituslaskelmien perusteella arvioituna valuma-alueelta kulkeutuu hulevesien mukana Kallaveteen eniten kiintoainetta ja fosforia liikennealueilta. Vuosittainen kokonaiskiintoainekuormitus

on 77 350 kg, kokonaisfosforikuormitus 120 kg ja kokonaistyyppikuormitus 2 221 kg. Valuma-alueen ominaiskuormitus on esitetty taulukossa 14.

Taulukko 14. Savilahden valuma-alueen ominaiskuormitukset

OMINAISKUORMITUS (kg/km ² /a)					
Alue	Kiintoaine	Kokonaisfosfori	Kokonaistyyppi	Osuus kiintoaine kuormituksesta (%)	Osuus fosforikuormituksesta (%)
Kerrostaloalue	6 241	11	257	8,1	9,2
Omakotitaloalue	1 720	4	88	2,2	3,6
Rivitaloalue	0	0	0	0,0	0,0
Teollisuusalue	10 422	11	38	13,5	9,5
Liikennealue	26 659	30	216	34,5	24,6
Rautatiealue	330	0	3	0,4	0,3
Metsäalue	131	4	89	0,2	3,5
Peltoalue	0	0	0	0,0	0,0
Palvelun ja hallinnon alue	1 690	3	70	2,2	2,5
Matkailualue	0	0	0	0,0	0,0
Viheralue	14 653	27	755	18,9	22,2
Vesistöt	0	2	67	0,0	1,7
Julkisten rakennusten alue	15 503	27	639	20,0	22,9
YHTEENSÄ (kg/a)	77 350	120	2 221		
SUURIN KUORMITUS	Kiintoaine				
SUURIN KIINTOAINELÄHDE	Liikennealue				
SUURIN FOSFORILÄHDE	Liikennealue				

Teoreettisessa luonnontilassa, jossa oletetaan valuma-alueen sisältävän vain metsää, peltoa ja vesistöä, valuma-alueen vuosittainen kokonaiskiintoainekuormitus olisi 929 kg, kokonaisfosforikuormitus 32 kg ja kokonaistyyppikuormitus 696 kg. Rakentaminen on nostanut kiintoainekuormitusta 8 323 %, fosforikuormitusta 374 % ja tyyppikuormitusta 319 % verrattuna teoreettiseen luonnontilaan. Teoreettisessa luonnontilassa kuormitustaso olisi kiintoaineen, fosforin ja tyypin osalta matala.

Hulevesien aiheuttamaa kuormitustasoa vesistöön voidaan arvioida suoraan maankäyttömuodon perusteella, tai ominaiskuormituslaskelmien avulla kolmiportaisella asteikolla kiintoaineelle, kokonaisfosforille sekä kokonaistypelle (taulukko 7). Kuormitustasoina ovat matala, kohtuullinen ja korkea. Hulevesien aiheuttaman kuormituksen Savilahteen voidaan ominaiskuormituslaskelmien perusteella arvioida olevan nykytilanteessa kohtuullisella tasolla (taulukko 15).

Taulukko 15. Savilahden kuormitustasot

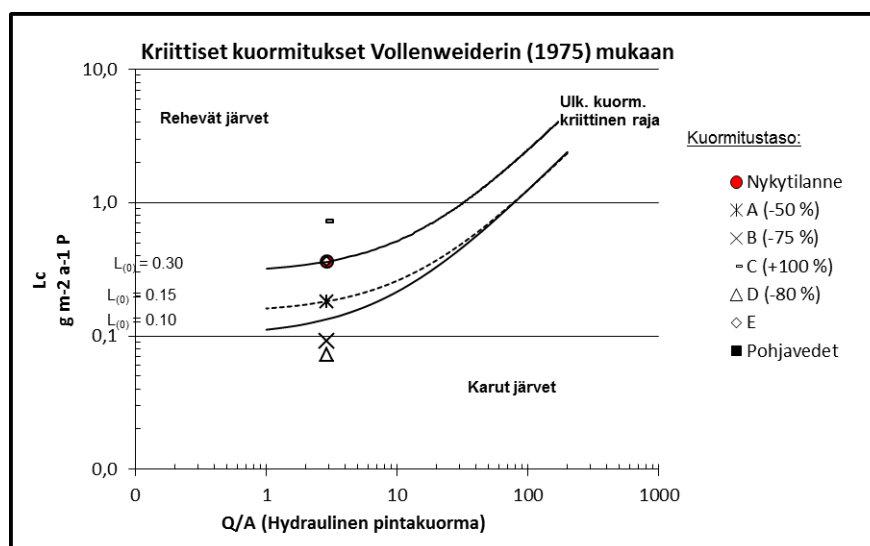
KUORMITUSTASO (kg/km ² /a)	
Kuormituslähde	Kuormitustaso
Kiintoaine	Kohtuullinen
Fosfori	Kohtuullinen
Tyyppi	Kohtuullinen

Huleveden puhdistustarpeen arviointi

Huleveden ainehuuhtoumämäärien avulla voidaan arvioida huleveden kuormitusta sekä puhdistustarvetta. Hulevesien sisältäessä kohtuullisia epäpuhtausmääriä, on vastaanottavan vesistön kuormituksensietokyky arvioitava, tai selvítettävä vastaanottavan vesistön tila esimerkiksi seurantatutkimuksilla.

Huleveden puhdistustarvetta on arvioitu luokittelemalla vesistöt epäpuhtauksien sietoherkkyiden perusteella. Luokittelulla on saatu karkea arvio vesistöjen tilasta. Savilahden voidaan arvoida olevan hyvin herkkä ulkoiselle kuormitukselle. Hyvin herkille lahtialueille tulevaa ulkoista kuormitusta tulee vähentää.

Savilahden lahtialueelle johdettavalle ulkoselle kuormitukselle on laskettu ominaiskuormitusarvot. Laskelmien perusteella voidaan arvioida vesistöön kulkeutuva fosforimäärä. Rehevöitymisriskiä on arvioitu Vollenweiderin fosforimallin avulla, koska fosfori on Kallaveden perustuotantoa rajoittava minimiravinne. Kun tunnetaan kuormituksen sietorajat, voidaan arvioida, tuleeko vastaanottavan vesistön kunnostustoimenpiteet kohdistaa valuma-alueelle vai vesistön sisäiseen kuormitukseen. Mallin avulla saadaan selville, onko vesistöön kulkeutuva kuormitus riittävän alhainen, vai liian suuri vastaanottavan vesistön kuormituksensietokykyyn nähden. Malliin on syötetty valuma-alueen laskennallinen fosforihuuhtoma (taulukko 14).



Kuva 11. Vollenweiderin malli Savilahdesta (Vollenweider 1975)

Vollenweiderin mallin mukaan Savilahden ulkoinen kuormitus on juuri kriittisen ylemmän sietorajan kohdalla (kuva 11). Koska kuormitus on ylemmän sietorajan kohdalla, tulee ulkoista kuormitusta vähentää mahdollisuuksien mukaan, jotta ulkoinen kuormitus alittaa sietorajan. Ulkoisen kuormituksen vähentäminen tulee tehdä ennen sisäisiin kuormitustekijöihin puuttumista ja kunnostustoimenpiteiden aloittamista. Ilman ulkoisen kuormituksen pienentämistä kunnostustoimenpiteiden vaikutus ei välttämättä ole pysyvä.

Hulevesien hallinnan tavoitteet ja tarve

Valuma-alueella on mahdollisesti tarvetta huleveden laadulliseen hallintaan seurantatulosten sekä tehtyjen kuormituslaskelmien ja Vollenweiderin mallin perusteella. Hulevesitulvahavaintojen ja alustavan hulevesitulvariskiärvioinnin perusteella on tarvetta myös huleveden määrälliseen hallintaan. Huleveden hallinnan tarvealueet on esitetty liitteessä 4.

Valuma-alueen hulevesien aiheuttama kuormitus on kohtuullista kiintoaineen, fosforin sekä typen osalta. Tästä syystä kuormitusta vesistöön ei tule lisätä, vaan sitä tulee pyrkiä vähentämään. Laadullista hallintaa tulee mahdollisuuksien mukaan kohdistaa palvelujen ja hallinnon-, teollisuuden- sekä liikenteen alueille, joita valuma-alueella on varsin paljon. Alueen läpi kulkevan moottoritien hulevedet vaativat laadullista käsittelyä, koska tien liikennemäärä ylittää yli 30 0000 ajoneuvoa vuorokaudessa. Savilahden alueella hulevesien laadulliseen hallintaan täytyy kiinnittää erityistä huomiota. Tätä tukee myös Vollenweiderin mallin antama tulos, jossa kuormitus osuu juuri ylemmän sietorajan kohdalle (kuva 11). Lahden ulkoista kuormitusta tulisi vähentää, jotta sen tila ei heikkene eikä lahti rehevöidy.

Määrälliselle hallinnalle on tarvetta havaituissa hulevesitulvakohteissa, joita on varsinkin Mustinlamesta Savilahteen virtaavan hulevesireitin varrella. Tätä reittiä pitkin tulee huomattavan suuri osa Savilahteen purkautuvista hulevesistä. Alueella on lisäksi muita yksittäisiä määrällistä hallintaa vaativia kohteita.

Toimenpide-ehdotukset hulevesien hallintaan

- Hulevesien aiheuttamaa kuormitusta ei tule lisätä, vaan sitä tulee pyrkiä mahdollisuuksien mukaan vähentämään.
- Mahdollinen huleveden puhdistaminen ja käsitteleminen tulee kohdistaa syntypaikalle, eli pääasiassa palvelujen ja hallinnon-, teollisuuden-, sekä liikenteen alueille.
- Valuma-alueelle tulee laatia hulevesien hallinnan yleissuunnitelma.
- Valuma-alueella tulee tarkastella hulevesitulvareitit sekä mallintaa maanpinnat osavalueittain.
- Riittämättömän kapasiteetin vuoksi tulviville hulevesiverkoston osille tulisi toteuttaa mallinnus esimerkiksi SWMM-ohjelmistolla.
- Kunnossa- ja puhtaanapitoa tulisi tehostaa niillä hulevesiverkoston osilla, joissa tapahtuu roskaantumista tai jäätymistä
- Asemakaavamuutosten yhteydessä tulee selvittää hulevesiverkoston hallintaan- tai käsittelyyn liittyvien määräysten antaminen.
- Moottoritieltä tulevien hulevesien hallintaan ja käsittelyyn tulisi kiinnittää huomiota yhteistyössä Liikenneviraston kanssa.
- Vesistöjen tulvariskialueille ei suositella rakentamista.

14 LAMPIKOHTAISET TARKASTELUT

14.1 Sammakkolampi

- Pinnan taso + 135,4 m
- Suurin syvyys 9 m
- Keskisyvyys 3 m
- Tilavuus 136000 m³
- Pinta-ala 4,4 ha
- Lähivaluma-alue 0,33 km²

Sammakkolampi sijaitsee Puijonlaaksossa. Lampeen virtaa vedet Pienestä Sammakkolammesta, lisäksi lampeen purkautuu jonkin verran pohjavettä. Lähivaluma-alueesta suurin osa on palveluiden ja hallinnon sekä asumisen aluetta. Lampeen purkaa vetensä viisi hulevesiviemäriä. Lammen virkistysellinen ja maisemallinen merkitys on suuri. Lammen pohjoispuolella on uimaranta. Sammakkolampea on hapetettu vuodesta 1987 lähtien ja alusvettä juoksutettu vuodesta 1977 lähtien. Tehokaslastusta on toteutettu vuosina 1991, 1996 ja 2000. Fosforia on saostettu kemiallisesti vuosina 2000 ja 2006. (Pulkkinen 2013)

Sammakkolammen tila on kunnostustoimien ansiosta pysynyt tyydyttävänä. Hapetuksen keskeyttäminen aiheuttaa kuitenkin melko nopeasti hapen kulumisen alusvedestä ja talvella koko vesimassasta. Sisäinen kuormitus ei kuitenkaan ole viime vuosina käynnistynyt. Vuosina 2000 ja 2006 tehtyjen kemikalointien vaikutuksesta lammen näkösyvyys kasvoi ja fosforipitoisuudet alenivat. Kemikaloinnin vaikutukset fosforitasoon näkyvät edelleenkin. Pintaveden kesäisten fosfori- ja klorofylli-pitoisuuksien perusteella Sammakkolampi on muuttunut erittäin rehevästä tai pilaantuneesta lievästi rehevöityneeksi. Lammen tila ei kuitenkaan kestä lisäkuormitusta, mikä on otettava huomioon kaikissa lähivaluma-alueelle tulevilla toiminnoilla. (Pulkkinen 2016-09-02)

Ominaiskuormituslaskelmien perusteella arvioituna lähivaluma-alueelta kulkeutuu hulevesien mukana Sammakkolampeen eniten kiintoainetta ja fosforia viheralueilta. Vuosittainen kokonaiskiintoainekuormitus on 9 132 kg, kokonaisfosforikuormitus 15 kg ja kokonaistyyppikuormitus 328 kg. Sammakkolammen lähivaluma-alueen ominaiskuormitus on esitetty taulukossa 16.

Taulukko 16. Sammakkolammen lähivaluma-alueen ominaiskuormitukset

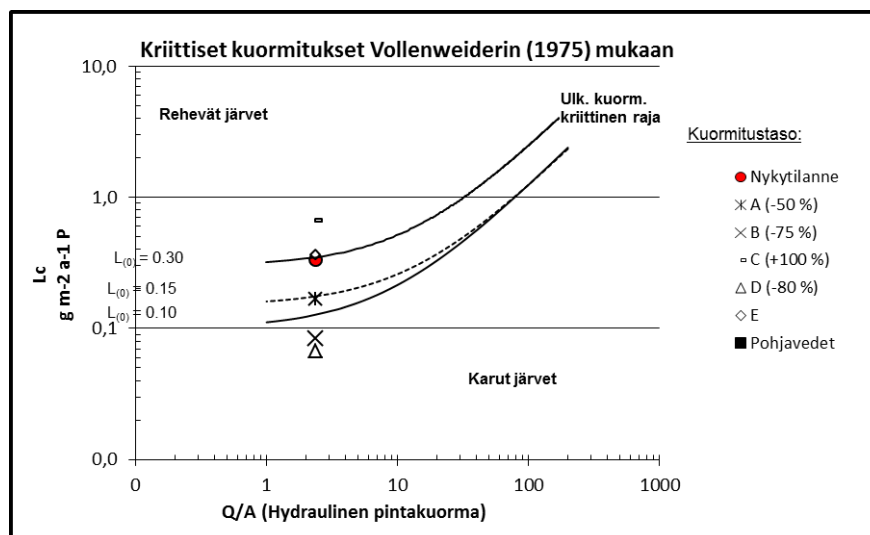
OMINAISKUORMITUS (kg/km ² /a)					
Alue	Kiintoaine	Kokonaisfosfori	Kokonaistyyppi	Osuus kiintoaine kuormituksesta (%)	Osuus fosforikuormituksesta (%)
Kerrostaloalue	1 856	3	76	20,3	22,2
Omakotitaloalue	0	0	0	0,0	0,0
Rivitaloalue	0	0	0	0,0	0,0
Teollisuusalue	0	0	0	0,0	0,0
Liikennealue	2 573	3	21	28,2	19,3
Rautatiealue	0	0	0	0,0	0,0
Metsäalue	1	0	1	0,0	0,3
Peltoalue	0	0	0	0,0	0,0
Palvelun ja hallinnon alue	20	0	1	0,2	0,2
Matkailualue	0	0	0	0,0	0,0
Viheralue	3 008	5	155	32,9	36,9
Vesistöt	0	0	5	0,0	1,1
Julkisten rakennusten alue	1 674	3	69	18,3	20,0
YHTEENSÄ (kg/a)	9 132	15	328		
SUURIN KUORMITUS	Kiintoaine				
SUURIN KIINTOAINELÄHDE	Viheralue				
SUURIN FOSFORILÄHDE	Viheralue				

Teoreettisessa luonnontilassa, jossa oletetaan valuma-alueen sisältävän vain metsää, peltoa ja vesistöä, lammen lähivaluma-alueen vuosittainen kokonaiskiintoainekuormitus olisi 103 kg, kokonaisfosforikuormitus 3 kg ja kokonaistyyppikuormitus 74 kg. Rakentaminen on nostanut kiintoainekuormitusta 8 905 %, fosforikuormitusta 428 % ja tyyppikuormitusta 440 % verrattuna teoreettiseen luonnontilaan. Teoreettisessa luonnontilassa kuormitustaso olisi kiintoaineen, fosforin ja typen osalta matala.

Hulevesien aiheuttamaa kuormitustasoa vesistöön voidaan arvioida suoraan maankäyttömuodon perusteella tai ominaiskuormituslaskelmien avulla kolmiportaisella asteikolla kiintoaineelle, kokonaisfosforille sekä kokonaistypelle (taulukko 7). Kuormitustasoina ovat matala, kohtuullinen ja korkea. Hulevesien aiheuttaman kuormituksen Sammakkolampeen voidaan ominaiskuormituslaskelmien perusteella arvioida olevan nykytilanteessa kohtuullisella tasolla (taulukko 17). Kuormitustasot on esitetty liitteissä 7 ja 8.

Taulukko 17. Sammakkolammen kuormitustasot

KUORMITUSTASO (kg/km ² /a)	
Kuormituslähde	Kuormitustaso
Kiintoaine	Kohtuullinen
Fosfori	Kohtuullinen
Tyyppi	Kohtuullinen



Kuva 12. Vollenweiderin malli Sammakkolammesta

Vollenweiderin mallin mukaan Savilahden ulkoinen kuormitus on juuri kriittisen ylemmän sietorajan kohdalla (kuva 12). Koska kuormitus on ylemmän sietorajan kohdalla, tulee ulkoista kuormitusta vähentää mahdollisuuksien mukaan, jotta ulkoinen kuormitus alittaa sietorajan. Ulkoisen kuormituksen vähentäminen tulee tehdä ennen sisäisiin kuormitustekijöihin puuttumista ja kunnostustoimenpiteiden aloittamista. Ilman ulkoisen kuormituksen pienentämistä kunnostustoimenpiteiden vaikutus ei välttämättä ole pysyvä.

14.2 Pieni Mustinlampi

- Pinta-ala 0,8 ha
- Lähivaluma-alue 0,23 km²

Pieni Mustinlampi sijaitsee Savilahdessa. Lampeen virtaa vedet Mustinlammesta. Lähivaluma-alue koostuu pääosin palvelujen ja hallinnon alueesta sekä liikennealueesta. Lampeen purkaa vetensä viisi hulevesiviemäriä. Lammesta ei ollut saatavissa syvyystietoja, joten Vollenweiderin kuvaajaa ei laadittu.

Pienen Mustinlammen veden laatua on seurattu talvella 2012 ja 2013. Lammen vesi on ollut kumpanakin talvena lähes kokonaan hapetonta. Sisäinen kuormitus on ollut voimakasta, mikä on nostanut alusveden ravinnepitoisuuksia. Korkea sähkönsäilyvyys ja kloridipitoisuus ovat ilmeisesti aiheuttaneet lampeen johdetuista tie- ja hulevesistä. (Pulkkinen 2016-09-02)

Ominaiskuormituslaskelmien perusteella arvioituna lähivaluma-alueelta kulkeutuu hulevesien mukana Pienen Mustinlampeen eniten kiintoainetta ja fosforia julkisten rakennusten alueilta. Vuosittainen kokonaiskiintoainekuormitus on 6177 kg, kokonaisfosforikuormitus 9 kg ja kokonaistyyppikuormitus 173 kg. Pienen Mustinlammen lähivaluma-alueen ominaiskuormitus on esitetty taulukossa 18.

Taulukko 18. Pienen Mustinlammen lähivaluma-alueen ominaiskuormitukset

OMINAISKUORMITUS (kg/km ² /a)					
Alue	Kiintoaine	Kokonaisfosfori	Kokonaistyyppi	Osuus kiintoaine kuormituksesta (%)	Osuus fosforikuormituksesta (%)
Kerrostaloalue	371	1	15	6,0	7,1
Omakotitaloalue	0	0	0	0,0	0,0
Rivitaloalue	0	0	0	0,0	0,0
Teollisuusalue	117	0	0	1,9	1,4
Liikennealue	2 321	3	19	37,6	27,8
Rautatiealue	127	0	1	2,1	1,5
Metsäalue	0	0	0	0,0	0,0
Peltoalue	0	0	0	0,0	0,0
Palvelun ja hallinnon alue	0	0	0	0,0	0,0
Matkailualue	0	0	0	0,0	0,0
Viheralue	408	1	21	6,6	8,0
Vesistöt	0	0	0	0,0	0,0
Julkisten rakennusten alue	2 833	5	117	45,9	54,2
YHTEENSÄ (kg/a)	6 177	9	173		
SUURIN KUORMITUS	Kiintoaine				
SUURIN KIINTOAINELÄHDE	Julkisten rakennusten alue				
SUURIN FOSFORILÄHDE	Julkisten rakennusten alue				

Teoreettisessa luonnontilassa, jossa oletetaan valuma-alueen sisältävän vain metsää, peltoa ja vesistöä, lammen lähivaluma-alueen vuosittainen kokonaiskiintoainekuormitus olisi 71 kg, kokonaisfosforikuormitus 2 kg ja kokonaistyyppikuormitus 48 kg. Rakentaminen on nostanut kiintoainekuormitusta 8 677 %, fosforikuormitusta 403 % ja tyyppikuormitusta 360 % verrattuna teoreettiseen luonnontilaan. Teoreettisessa luonnontilassa kuormitustaso olisi kiintoaineen, fosforin ja tyypen osalta matala.

Hulevesien aiheuttamaa kuormitustasoa vesistöön voidaan arvioida suoraan maankäyttömuodon perusteella tai ominaiskuormituslaskelmien avulla kolmiportaisella asteikolla kiintoaineelle, kokonaisfosforille sekä kokonaistypelle (taulukko 7). Kuormitustasoina ovat matala, kohtuullinen ja korkea. Hulevesien aiheuttaman kuormituksen Pieneen Mustinlampeen voidaan ominaiskuormituslaskelmien perusteella arvioida olevan nykytilanteessa kohtuullisella tasolla (taulukko 19). Kuormitustasot on esitetty liitteissä 7 ja 8.

Taulukko 19. Pienen Mustinlammen kuormitustasot

KUORMITUSTASO (kg/km ² /a)	
Kuormituslähde	Kuormitustaso
Kiintoaine	Kohtuullinen
Fosfori	Kohtuullinen
Tyyppi	Kohtuullinen

14.3 Mustinlampi

- Pinnan taso + 100,4 m
- Suurin syvyys 5,5 m
- Keskisyvyys 2,9 m
- Tilavuus 46000 m³
- Pinta-ala 1,6 ha
- Lähivaluma-alue 0,62 km²

Mustinlampi sijaitsee Niiralassa. Lampi on savikerrostuman päälle muodostunut suppalampi. Lampeen virtaa vedet Sammakkolammesta. Lähivaluma-alue koostuu pääasiassa palveluiden ja hallinnon sekä asumisen alueista. Lampeen purkaa vetensä neljä hulevesiviemäriä. Hulevettä tulee huomattavan paljon pohjoisrannalle laskevasta ojasta, johon kootaan Sammakkolammen sekä läheisten tiealueiden ja Puijon urheilualueen hulevedet. Lampeen tulee hulevesiä rautatieltä sekä moottoritieltä. Mustinlammen virkistys- ja maisemallinen merkitys ovat lisääntyneet ranta-alueiden rakentamisen myötä. Lampea on täytetty ja ruopattu 2000-luvun alussa. (Pulkkinen 2013)

Mustinlammen veden laatu on melko huono. Alusvesi on yleensä hapeton sekä kesällä että talvella. Sisäinen kuormitus on voimakasta ja se nostaa myös päänlyysveden fosforipitoisuuksia. Myös typpipitoisuudet ovat korkeita. Korkea suolapitoisuus aiheutunee huonosta happitilanteesta ja tiealueilta tulevista kuivatusvesistä. Kesäaikaisten pintaveden fosfori- ja klorofylli-a -pitoisuuksien perusteella Mustinlampi on rehevä tai erittäin rehevä. Lampeen joutuvan ulkoisen kuormituksen estäminen on otettava huomioon kaikissa lähivaluma-alueella toteutettavissa uusissa hankkeissa. (Pulkkinen 2016-09-02)

Ominaiskuormituslaskelmien perusteella arvioituna lähivaluma-alueelta kulkeutuu hulevesien mukana Mustinlampeen eniten kiintoainetta liikennealueilta ja fosforia julkisten rakennusten alueilta. Vuosittainen kokonaiskiintoainekuormitus on 17 995 kg, kokonaisfosforikuormitus 27 kg ja kokonaistyyppikuormitus 515 kg. Mustinlammen lähivaluma-alueen ominaiskuormitus on esitetty taulukossa 20.

Taulukko 20. Mustinlammen lähivaluma-alueen ominaiskuormitukset

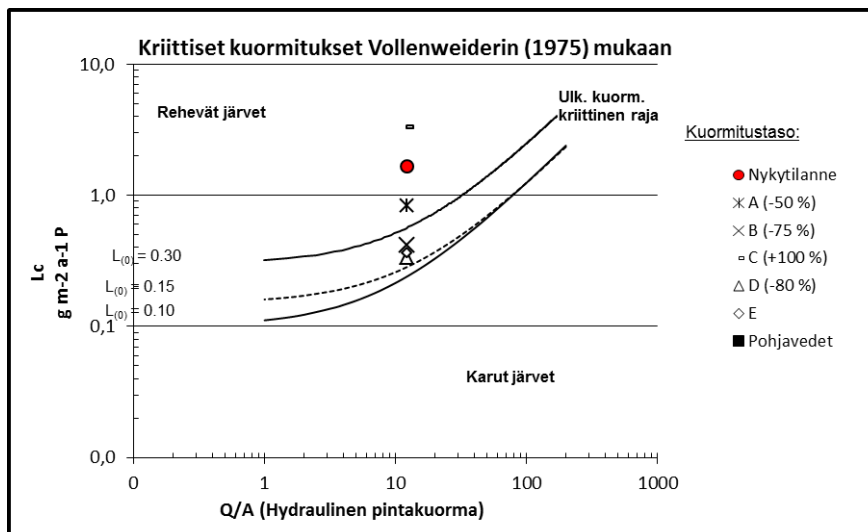
OMINAISKUORMITUS (kg/km ² /a)					
Alue	Kiintoaine	Kokonaisfosfori	Kokonaistyyppi	Osuus kiintoaine kuormituksesta (%)	Osuus fosforikuormituksesta (%)
Kerrostaloalue	1 565	3	65	8,7	10,3
Omakotitaloalue	0	0	0	0,0	0,0
Rivitaloalue	0	0	0	0,0	0,0
Teollisuusalue	555	1	2	3,1	2,3
Liikennealue	7 399	8	60	41,1	30,6
Rautatiealue	0	0	0	0,0	0,0
Metsäalue	1	0	1	0,0	0,1
Peltoalue	0	0	0	0,0	0,0
Palvelun ja hallinnon alue	147	0	6	0,8	1,0
Matkailualue	0	0	0	0,0	0,0
Viheralue	3 676	7	189	20,4	24,9
Vesistöt	0	0	1	0,0	0,1
Julkisten rakennusten alue	4 652	8	192	25,9	30,7
YHTEENSÄ (kg/a)	17 995	27	515		
SUURIN KUORMITUS	Kiintoaine				
SUURIN KIINTOAINELÄHDE	Liikennealue				
SUURIN FOSFORILÄHDE	Julkisten rakennusten alue				

Teoreettisessa luonnontilassa, jossa oletetaan valuma-alueen sisältävän vain metsää, peltoa ja vesistöä, lammen lähivaluma-alueen vuosittainen kokonaiskiintoainekuormitus olisi 192 kg, kokonaisfosforikuormitus 6 kg ja kokonaistyyppikuormitus 131 kg. Rakentaminen on nostanut kiintoainekuormitusta 9 396 %, fosforikuormitusta 432 % ja tyyppikuormitusta 394 % verrattuna teoreettiseen luonnontilaan. Teoreettisessa luonnontilassa kuormitustaso olisi kiintoaineen, fosforin ja typen osalta matala.

Hulevesien aiheuttamaa kuormitustasoa vesistöön voidaan arvioida suoraan maankäyttömuodon perusteella tai ominaiskuormituslaskelmien avulla kolmiportaisella asteikolla kiintoaineelle, kokonaisfosforille sekä kokonaistypelle (taulukko 7). Kuormitustasoina ovat matala, kohtuullinen ja korkea. Hulevesien aiheuttaman kuormituksen Mustinlampeen voidaan ominaiskuormituslaskelmien perusteella arvioida olevan nykytilanteessa kohtuullisella tasolla (taulukko 21). Kuormitustasot on esitetty liitteissä 7 ja 8.

Taulukko 21. Mustinlammen kuormitustasot

KUORMITUSTASO (kg/km ² /a)	
Kuormituslähde	Kuormitustaso
Kiintoaine	Kohtuullinen
Fosfori	Kohtuullinen
Typpi	Kohtuullinen



Kuva 13. Vollenweiderin malli Mustinlamesta

Vollenweiderin mallissa kuormitus on selvästi ylemmän sietorajan yläpuolella (kuva 13), mikä kertoo lammen liian suuresta ulkoisesta kuormituksesta. Kuormituksen ollessa näin suurta, lammen tila voi heiketä ja lampi rehevöityä. Kuormitusta tulisi laskea 75 % nykyisestä, jotta kuormitus alittaisi ulkoisen kuormituksen sietorajan. Ilman merkittävää ulkoisen kuormituksen pienentämistä kunnostustoimenpiteiden vaikutus ei välttämättä ole pysyvä.

15 YHTEENVETO

Työn lähtökohtana oli tarve selvittää Kuopion keskeisen kaupunkialueen hulevesien hallinnan tavoitteet ja tarpeet, huleveden aiheuttamat kuormitukset ja virtaamat Kallaveteen, sekä päivittää valuma-alue-rajaukset.

Teoriaosuuteen oli saatavissa paljon aineistoa hulevesiin liittyen. Teoriaosuudessa hyödynnettiin sekä Kuopion kaupungin omia aineistoja että muita sähköisiä aineistoja. Osuudessa keskityttiin hulevesien hallintaan kunnan näkökulmasta, ja varsinkin lainsäädäntöä käsittelevä kappale on tärkeä hulevesiin liittyvän lainsäädännön osittain muututtua vuonna 2014. Tärkeänä voidaan pitää myös kappaleita, joissa käsitellään huleveden laatua ja määrää ja sitä miten niitä voidaan arvioida. Kappale toimii pohjana valuma-aluekohtaisille laskelmille.

Valuma-alueet määriteltiin sekä lahti- että pienvesialueittain. Valuma-alueista laadituissa tekstiosioissa käsiteltiin kunkin valuma-alueen maankäyttö ja ympäristö, kallio- ja maaperä, topografia, pintavesiolosuhteet, luonnonsuojelualueet ja norot, hulevesijärjestelmä, huleveden määrä ja laatu sekä hulevesien hallinnan tavoitteet ja toimenpide-ehdotukset. Valuma-alueista laadittiin kustakin neljä karttaa, joissa esitettiin mm. huleveden määrällistä ja laadullista hallintaa vaativat alueet sekä hulevesitulvakohteet. Valuma-alueiden määrittämiseen käytettiin varsin paljon aikaa, kuten myös hulevesikuormitusten laskemiseen. Valuma-alueet rajattiin Mapinfo-paikkatieto-ohjelmassa, jossa laadittiin myös useita uusia tietokantoja, jotka jäävät Kuopion kaupungin hyödynnettäväksi. Kuormitus- ja virtaamalaskelmia sekä maankäytön määrittelyä helpottamaan tehtiin laaja Excel-työkirja, joka tehtiin niin että lähtötietojen muuttuessa uudet laskelmat on nopea toteuttaa. Työkirja sisältää kunkin valuma-alueen tiedot, kuten pinta-alan, maankäytön käyttötarkoituksen, pintavalunnan, hulevesivirtaaman ja ominaiskuormituksen sekä kuormitustason. Työkirjaa voidaan hyödyntää jatkossa Kuopion kaupungin toimesta.

Hulevesikuormitusten tarkastelussa keskityttiin kiintoaineeseen sekä fosforiin. Hulevesissä kulkeutuu vesistöihin paljon kiintoainesta, ja sen suuri määrä kertoo usien myös suurista haitta-ainepitoisuuksista. Fosforin määrä hulevedessä on oleellinen tieto, koska se on Kallaveden perustuo-
tanta rajoittava minimiravinne. Huleveden aiheuttamaa kuormitusta vesistöön arvioitiin työtä varten laaditun kuormitustasotaulukon avulla kiintoaineelle, fosforille sekä typelle. Rehevöitymisriskiä ja vesistön tilaa arvioitiin myös laatimalla suljetuille lahtialueille sekä pienvesille Vollenweiderin malli. Keskeisen kaupunkialueen valuma-alueelta tulevista epäpuhtauksista merkittävin on kiintoaine, jota kulkeutuu Kallaveteen eniten lukuisilta teollisuusalueilta. Myös liikennealueilta, kuten kaupunkia pohjois-eteläsuuntaisesti halkoalta moottoritie E63:lta tulee Kallaveteen suuria määriä epäpuhtauksia.

Keskeisen kaupunkialueen 46 valuma-alueesta yhdessä oli korkea kiintoainekuormitus. 23 valuma-alueella kuormitus oli kohtuullinen, ja 22 valuma-alueella kiintoainekuormitukset olivat matalia. Fosforin osalta korkeita kuormituksia tavattiin kolmella valuma-alueella Sorsasalossa, Kelloniemessä sekä keskustassa. Kohtuullisia kuormituksia oli 18 valuma-alueella ja matalia 25 valuma-alueella. Lampien valuma-alueilla ei ollut korkeita kuormituksia kiintoaineen eikä fosforin osalta. Keskeisen kau-

punkialueen 32 lammesta 16 kiintoainekuormitus oli kohtuullinen ja 16 matala. Fosforikuormitus oli kohtuullinen 13 lammessa ja matala 19 lammessa.

Keskeisen kaupunkialueen valuma-alueilta Kallaveteen tulevan kiintoaineen määrä on huomattava, ja kiintoaineen poistoa hulevedestä tulisi toteuttaa mahdollisuuksien mukaan. Varsinkin suljetuissa tai herkiksi luokitelluissa lahdissa voi kiintoaines aiheuttaa haittaa, kuten rantojen mataloitumista ja veden samentumista. Toimenpiteet kuormituksen ja erityisesti fosforin vähentämiseksi tulee kohdistaa niihin valuma-alueisiin, joilla kuormitus on tehtyjen laskelmien mukaan korkea tai kohtuullinen. Jos kuormitus on korkea, tulee kuormitusta aina pyrkiä vähentämään. Kohtuullisen kuormituksen tapauksessa tulee huomioida vastaanottavan vesistön kuormituksen sietokyky ulkoiselle kuormitukselle. Jos vastaanottava vesistö on erittäin herkkä ulkoiselle kuormitukselle, tulee kohtuullisen kuormituksen tapauksessa kuormitusta vähentää, jotta vesistön kunnostukseen tähtäävät toimenpiteet ovat pysyviä. Herkkien vesistöjen tapauksessa kohtuullista kuormitusta ei välttämättä ole tarpeen vähentää, mutta sitä ei myöskään saa lisätä, jotta vastaanottavan vesistön vedenlaatu ei heikkene. Jos vastaanottava vesistö on vähemmän herkkä ja kuormitustaso on kohtuullinen tai matala, hulevesikuormitusta ei ole tarpeen vähentää ja sitä voidaan jopa lisätä.

Valuma-aluesimerkkinä käytetty Savilahti sisältää paljon liikenne- teollisuus- sekä palvelun ja hallinnon alueita. Savilahden vedenlaatua on seurattu ja tutkittu viime vuosina, jolloin on todettu että Savilahden vedenlaatu on talvisin tyydyttävä ja kesäisin huono. Laaditun Vollenweiderin mallin mukaan Savilahti on juuri ylemmän kriittisen sietorajan kohdalla, joka tarkoittaa että lahteen tulevaa ulkoista kuormitusta tulisi mahdollisuuksien mukaan vähentää. Tätä tukevat myös työssä toteutetut kuormituslaskelmat, joiden mukaan Savilahden tuleva kiintoainekuormitus on kohtuullista kiintoaineen, kokonaisfosforin ja kokonaistypen osalta. Savilahti on lisäksi hyvin herkkä ulkoiselle kuormitukselle ja sen vaihteluille, joten kuormituksen lisääntyminen aiheuttaisi vedenlaadun heikkenemistä. Savilahden valuma-alueelle on tämän työn perusteella tarve toteuttaa hulevesien hallinnan yleissuunnitelma, hulevesitulvareittitarkastelu, maanpintojen mallinnus, kapasiteetin takia tulvivien kohteiden mallinnus, sekä pohtia moottoritieltä tulevien hulevesien laadullisen käsittelyn mahdollisuuksia. Savilahden valuma-alueen sisältämistä lammista Mustinlammen tila on varsin huono, ja siihen tulevaa ulkoista kuormitusta tulisi pyrkiä alentamaan.

Työssä toteutettuihin laskelmiin liittyy epävarmuustekijöitä, jotka on hyvä huomioida. Esimerkiksi maankäyttömuotojen määrittely on osittain tulkinnanvaraista, ja valumiskertoimissa sekä ominaiskuormitusarvoissa on vaihteluita käytetystä lähteestä riippuen.

Opinnäytetyö osoittautui hieman laajemmaksi kuin alun perin oli ajateltu, ja tästä syystä tähän työhön on sisällytetty tutkituista valuma-alueista vain Savilahden valuma-alue, ja sen sisältämät Sammakkolammet ja Mustinlammet. Muiden valuma-alueiden tiedot jäävät Kuopion kaupungin omaan käyttöön. Opinnäytetyötä hyödynnetään jatkossa esimerkiksi yleis- ja asemakaavoituksen lähtötietona sekä tarkempien hulevesien hallintasuunnitelmien pohjatietona.

LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT

AALTONEN, Juha 2008. Sadanta-valuntaprosessi taajama-alueella: MOUSE ja MIKE SHE – ohjelmien testaaminen. Aalto-yliopisto. Insinööritieteiden ja arkkitehtuurin tiedekunta. Diplomityö. [viitattu 2016-21-06]. Saatavissa: <http://civil.aalto.fi/fi/midcom-serveattachmentguid-1e46afefd0d0eba6afe11e48300c3c02c153c223c22/aaltonen2008.pdf>

AIROLA, Johanna, NURMI, Paula ja PELLIKKA, Katja. 2014. Huleveden laatu Helsingissä. Helsinki: Helsingin kaupunki. [viitattu 2016-22-06]. Saatavissa: <http://www.hel.fi/static/ymk/julkaisut/julkaisu-12-14.pdf>

ALA-AHO, Pertti 2010. Vesitase ja vuorovaikutus pinta- ja pohjaveden välillä Rokuan harju-alueella Ahveraisen suppajärvessä. Oulun yliopisto. Prosessi- ja ympäristötekniikan osasto. Diplomityö. [viitattu 2016-23-06]. Saatavissa: <http://www.oulu.fi/poves/pages/publ/dipl/perttiala-aho.pdf>

EUROOPAN PARLAMENTTI JA UNIONIN NEUVOSTO. 2006. Direktiivi pohjaveden suojelusta pilaantumiselta ja huononemiselta. [viitattu 2016-21-06]. Saatavissa: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2006:372:0019:0031:FI:PDF>

EUROOPAN PARLAMENTTI JA UNIONIN NEUVOSTO. 2000. Direktiivi yhteisön vesipolitiikan puitteista. [viitattu 2016-21-06]. Saatavissa: http://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:5c835afb-2ec6-4577-bdf8-756d3d694eeb.0010.02/DOC_1&format=PDF

FISRWG 2001. Stream Corridor Restoration: Principles, Processes and Practices. [viitattu 2016-23-06]. Saatavissa: http://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/stelprdb1044574.pdf

GEOLOGIAN TUTKIMUSKESKUS. Pohjavesi [verkkojulkaisu]. [viitattu 2016-23-06]. Saatavissa: <http://www.gtk.fi/geologia/luonnonvarat/pohjavesi/>

HAKOLA, J. 2012. Luonnonmukainen hulevesien hallinta. Viherympäristö [lehti] 1/2012, 55. [viitattu 2016-21-06]. Saatavissa: http://data.viherymparisto.fi/files/resourcesmodule/@random4f9681d9578d9/1335263738_Hakola_Hulevesi.pdf

HALL, M.J. 1984. Urban Hydrology. London ja New York: Elsevier Applied Science Publishers.

ILMASTO-OPAS.FI. Tulviin voidaan varautua tulvariskien hallintatoimilla [verkkajulkaisu]. [viitattu 2016-21-06]. Saatavissa: <https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/sopeutuminen/-/artikkeli/8c767266-3af1-4f15-9a44-8d07ea02f0c1/tulviin-voidaan-varautua-tulvariskien-hallintatoimilla.html>

ILMASTO-OPAS.FI. Ilmastonmuutos sekoittaa Suomen vesipalettia [verkkajulkaisu]. [viitattu 2016-21-06]. Saatavissa: <https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/vaiikutukset/-/artikkeli/a0596a76-eb8b-45e7-ab51-9bc6149f7312/veden-maara.html>

JAAKOLA, Heli 2015. Hulevesien hallinta mallintamalla. Tampereen teknillinen yliopisto. Ympäristö- ja energiatekniikan koulutusohjelma. Diplomityö. [viitattu 2016-22-06]. Saatavissa: <https://dspace.cc.tut.fi/dpub/bitstream/handle/123456789/23196/jaakola.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

KIINTEISTÖJEN VESI- JA VIEMÄRILAITTEISTOT. Suomen rakentamismääräyskokoelma D1. 2007. Määräykset ja ohjeet 2007. Helsinki: Ympäristöministeriö, Asunto- ja rakennusosasto. [viitattu 2016-21-06]. Saatavissa: http://www.finlex.fi/data/normit/28208-D1_2007.pdf

KINNUNEN, Pia 2015. Yleiskaavoituksen ja asemakaavoituksen hulevesisuunnittelu. [viitattu 2016-23-06]. Saatavissa: <http://www.ely-keskus.fi/documents/10191/12900239/Kinnunen.pdf/8e9c7fd9-6743-4cea-ac65-43c213f8f3bb>

KOTOLA, Jyrki ja NURMINEN, Jyrki 2003. Kaupunkialueiden hydrologia – valunnan ja ainehuuhtouman muodostuminen rakennetuilla alueilla osa 2: koealuetutkimus. Teknillinen korkeakoulu. Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan osasto. [viitattu 2016-22-06]. Saatavissa: <http://water.tkk.fi/wr/tutkimus/julkaisut/TKK-VTR-8.pdf>

KUNTALIITTO 2012. Hulevesiopas. Helsinki: Kuntaliitto. [viitattu 2016-21-06]. Saatavissa: <http://shop.kunnat.net/download.php?filename=uploads/hulevesiopas-2012.pdf>

KUOPIO KAUPUNKI 2007. Hulevesien luonnonmukaisen hallinnan menetelmät. Suunniteluohje.

KUOPION KAUPUNKI 2009. Hulevesikosteikkokartoitus.

LAKI TULVARISKIEN HALLINNASTA. L 620/2010. Finlex. Lainsäädäntö. [viitattu 2016-21-06]. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2010/20100620>

LAKI VESIENHOIDON JA MERENHOIDON JÄRJESTÄMISESTÄ. L 30.12.2004/1299. Finlex. Lainsäädäntö. [viitattu 2016-21-06]. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2004/20041299>

LANKINIEMI, Valtteri 2013. Hulevesitulvahaittojen ehkäiseminen kaupunkialueilla. Aalto-yliopisto. Yhdyskunta- ja ympäristötekniikan laitos. Opinnäytetyö. [viitattu 2016-21-06]. Saatavissa: <http://civil.aalto.fi/fi/midcom-serveattachmentguid-1e4698d2c05e7dc698d11e4b00d7d2d50129dd99dd9/lankiniemi2013.pdf>

LIIKENNEVIRASTO 2013. Teiden ja ratojen kuivatuksen suunnittelu. Helsinki: Liikennevirasto. [viitattu 2016-22-06]. Saatavissa: http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf3/lo_2013-05_teiden_ja_ratojen_web.pdf

LUONNONTILA.FI 2014. SV1 Fosforikuormitus [verkkajulkaisu]. [viitattu 2016-22-06]. Saatavissa: <http://www.luonnontila.fi/fi/elinymparistot/sisavedet/sv1-fosforikuormitus>

LUUKKONEN, Henna 2015. MRL:n ja vesihuoltolain muutokset kunnan kannalta. [viitattu 2016-21-06]. Saatavissa: http://kuntatekniikka.fi/wp-content/uploads/sites/2/2015/04/Kehto_Oulu_Lains%C3%A4%C3%A4nt%C3%A4nt%C3%B6muutokset_hulevedet_270315.pdf

MAANKÄYTTÖ- JA RAKENNUSLAKI. L 5.2.1999/132. Finlex. Lainsäädäntö. [viitattu 2016-21-06]. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990132>

MELANEN, Matti 1986. Ihmisen vaikutus hydrologiseen kiertoon. Kaupungistuminen. Julkaisussa: MUSTONEN, Seppo (toim.) Sovellettu hydrologia. Helsinki: Vesi yhdistys ry.

PULKKINEN, Eila 2013. Lampi- ja lahtikuvaukset. Kuopion kaupunki.

PULKKINEN, Eila 2016-09-02. Savilahden vedenlaatutiedot [sähköpostiviesti]. Vastaanottaja Tuomas Tikkanen.

SUOMEN KUNTATEKNIIKAN YHDISTYS RY 2003. KATU 2002 – Kadunrakennuksen tekniset ohjeet. Helsinki: Suomen kuntatekniikan yhdistys ry.

SUOMEN YMPÄRISTÖKESKUS 2008. Rankkasateet ja taajamatulvat (RATU). [viitattu 2016-21-06]. Saatavissa:

https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/38381/SY_31_2008.pdf?sequence=7

SUOMEN YMPÄRISTÖKESKUS 2013a. Hydrologiset seurannat [verkkojulkaisu]. [viitattu 2016-22-06]. Saatavissa: <http://www.syke.fi/hankkeet/hydrologisetseurannat>

SUOMEN YMPÄRISTÖKESKUS 2013b. Valtakunnalliset alueidenkäyttötavoitteet [verkkojulkaisu]. [viitattu 2016-29-07]. Saatavissa: http://www.ymparisto.fi/fi-fi/Elinymparisto_ja_kaavoitus/Maankayton_suunnitteluja_rjestelma/Valtakunnalliset_alueiden_kayttotavoitteet

SUOMEN YMPÄRISTÖKESKUS 2014. Hydrologinen yleiskatsaus 2013 [verkkojulkaisu]. [viitattu 2016-21-06]. Saatavissa: http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Kartat_ja_tilastot/Hydrologiset_havainnot/Hydrologiset_kuukausitiedotteet/Hydrologinen_yleiskatsaus_2013%2830162%29

TAMPEREEN KAUPUNKI 2012. Tampereen kantakaupungin hulevesiohjelma [verkkojulkaisu]. [viitattu 2016-21-06]. Saatavissa: <http://www.tampere.fi/asuminen-ja-ymparisto/ymparisto-ja-luonto/julkaisut-ja-selvitykset/hulevesiohjelma.html>

VAHTERA, Heli 2014. Hulevesien laatu Hyvinkäällä. Seurantatuloksia vuosilta 2011 – 2013. Helsinki: Vantaanjoen ja Helsingin seudun vesiensuojeluyhdistys. [viitattu 2016-22-06]. Saatavissa: <http://www.hyvinkaa.fi/globalassets/asuminen-ja-ymparisto/julkaisuja-ja-raportteja/liitteet/hulevesien-laatu-hyvinkaalla-2011-2013.pdf>

VAKKILAINEN, Pertti, KOTOLA, Jyrki ja NURMINEN, Jyrki 2005. Rakennetun ympäristön valumavedet ja niiden hallinta. Helsinki: ympäristöministeriö. [viitattu 2016-21-06]. Saatavissa: https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/40647/SY_776.pdf?sequence=1

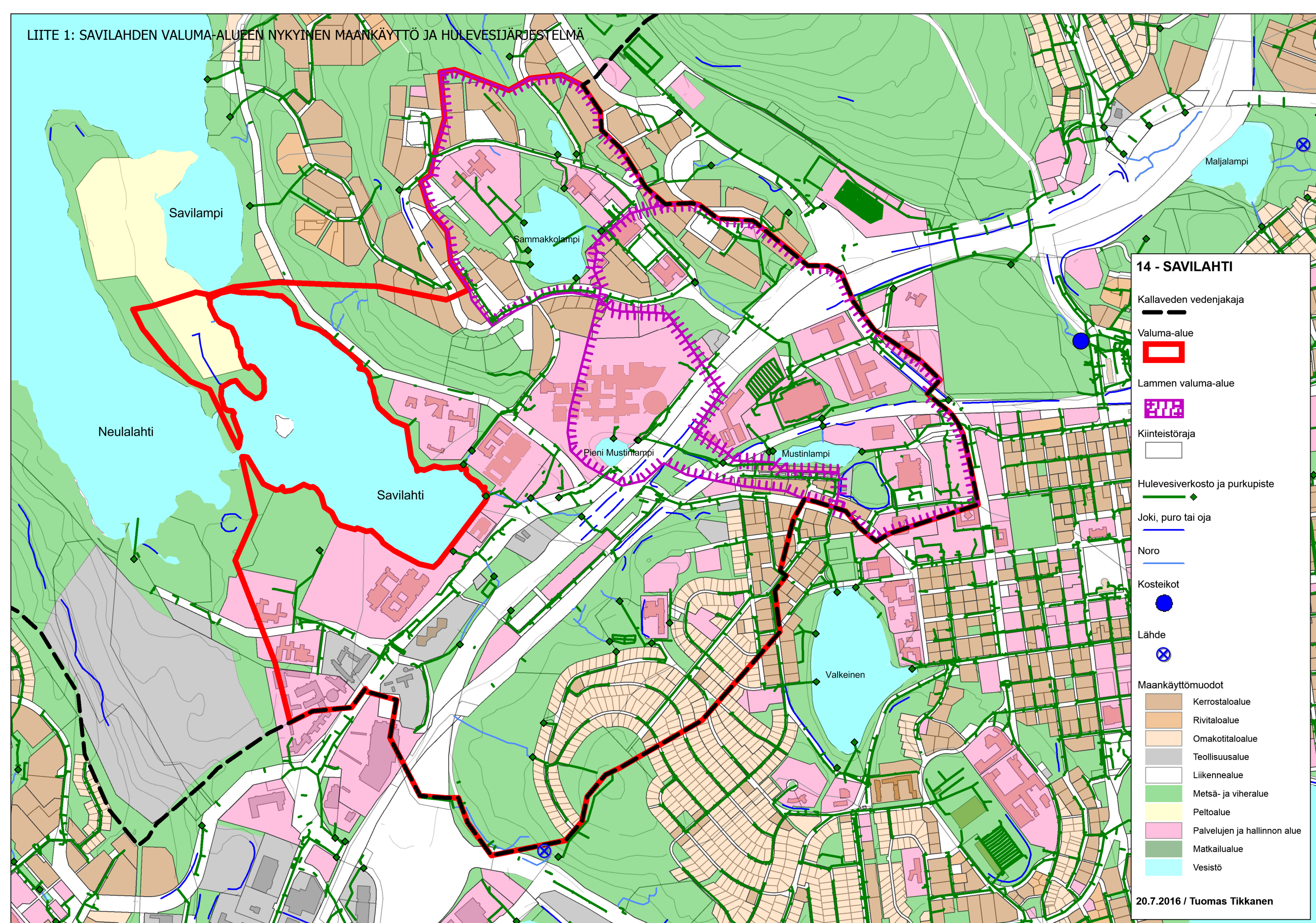
VANTAAN KAUPUNKI 2014. Vantaan kaupungin hulevesien hallinnan toimintamalli. Perustietoa suunnittelijoille ja rakentajille. [viitattu 2016-23-06]. Saatavissa: https://www.vantaa.fi/instancedata/prime_product_julkaisu/vantaa/embeds/vantaawwwstructure/120411_Hulevesien_hallinnan_toimintamalli.pdf

VESIHUOLTOLAKI. L 9.2.2001/119. Finlex. Lainsäädäntö. [viitattu 2016-21-06]. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2001/20010119>

VESILAKI. L 27.5.2011/587. Finlex. Lainsäädäntö. [viitattu 2016-21-06]. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2011/20110587>

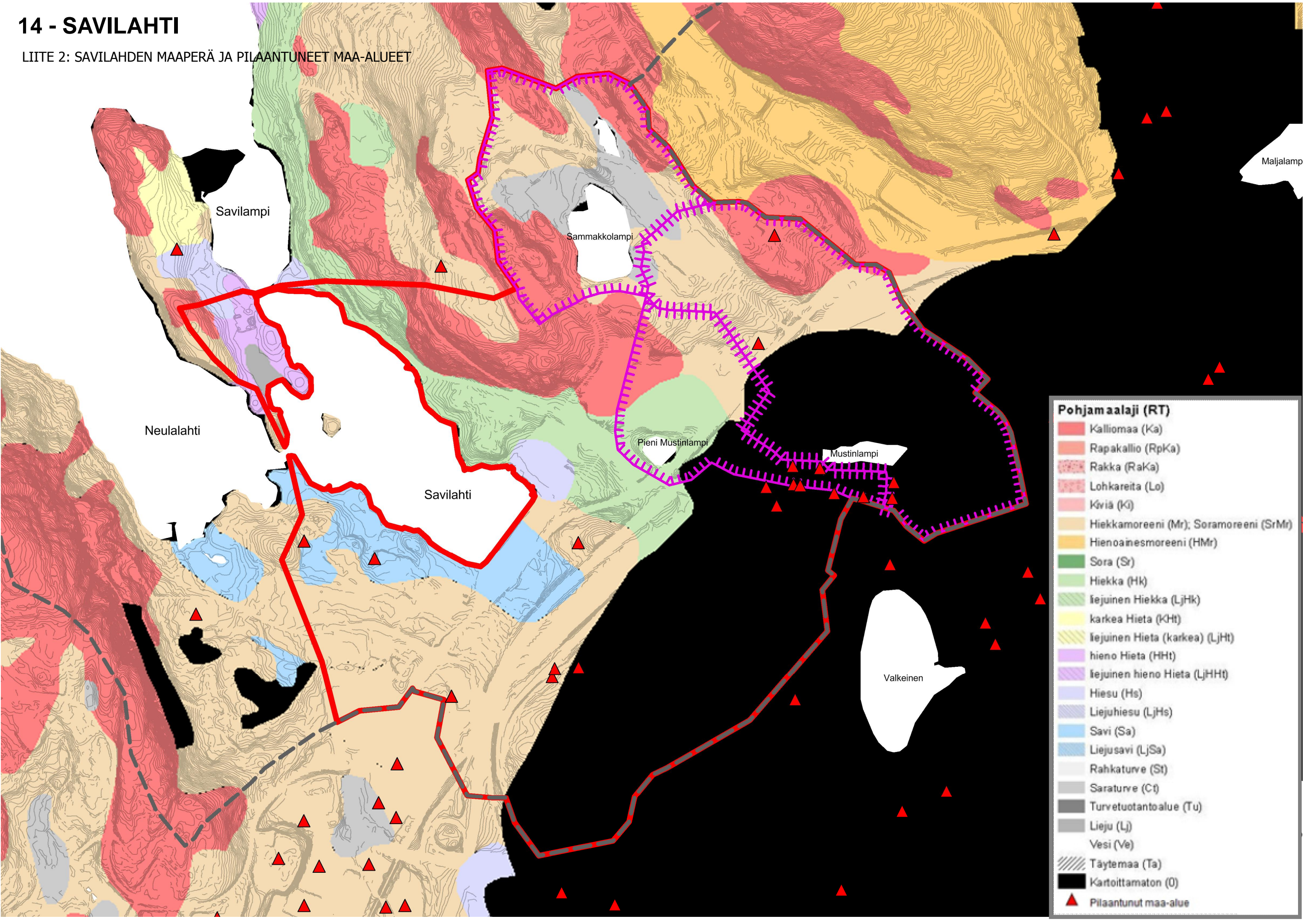
VOLLENWEIDER R.A. 1975. Input-output models. Schweizerische Zeitschrift für Hydrologie.

YMPÄRISTÖNSUOJELULAKI. L 527/2014. Finlex. Lainsäädäntö. [viitattu 2016-21-06]. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2014/20140527>

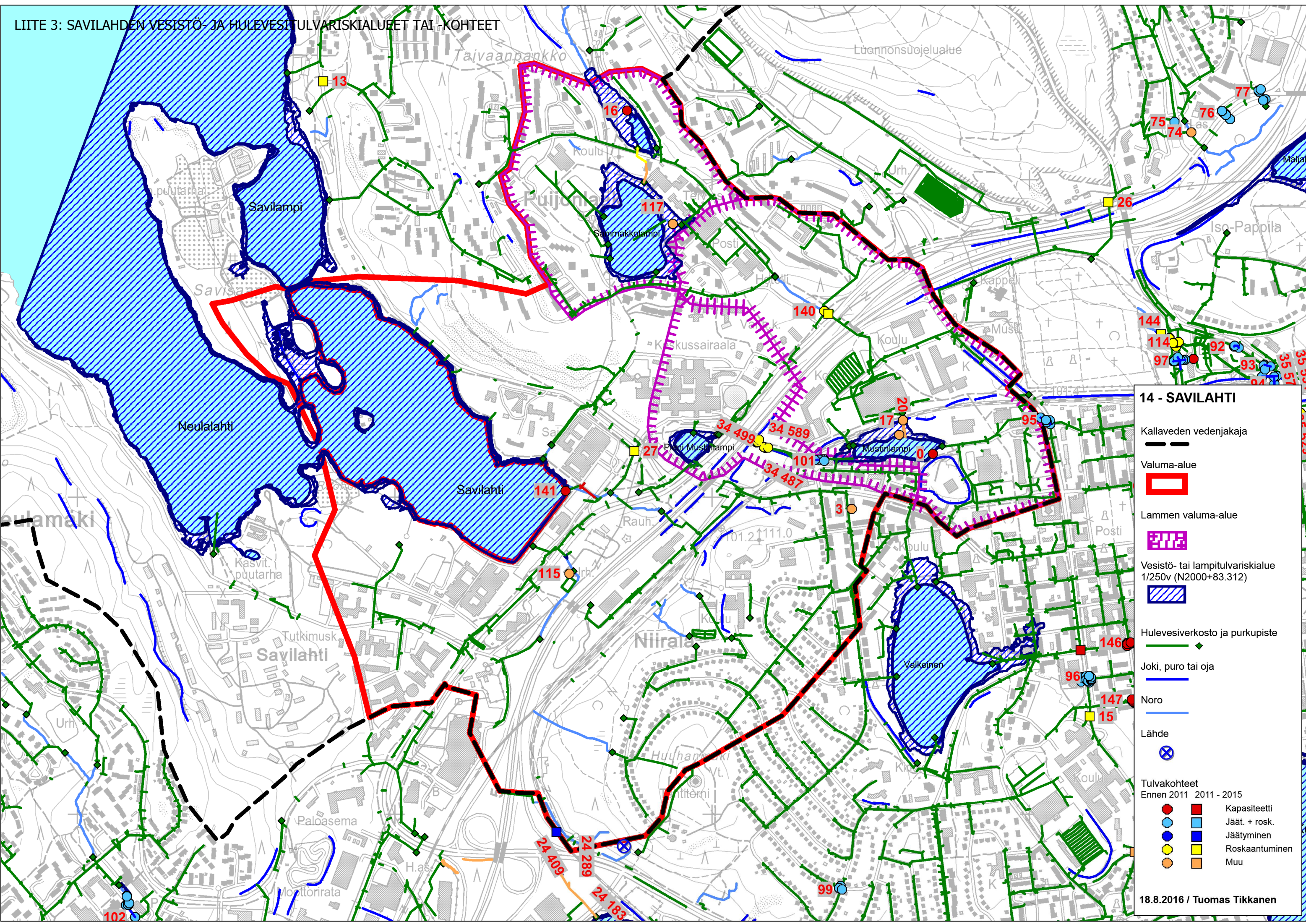


14 - SAVILAHTI

LIITE 2: SAVILAHDEN MAAPERÄ JA PILAANTUNEET MAA-ALUEET



LIITE 3: SAVILAHDEN VESISTÖ- JA HULEVESITULVARISKIALUEET TAI -KOHTEET



14 - SAVILAHTI

Kallaveden vedenjakaja

Valuma-alue

Lammen valuma-alue

Vesistö- tai lampitulvariskialue
1/250v (N2000+83.312)

Hulevesiverkosto ja purkupiste

Joki, puro tai oja

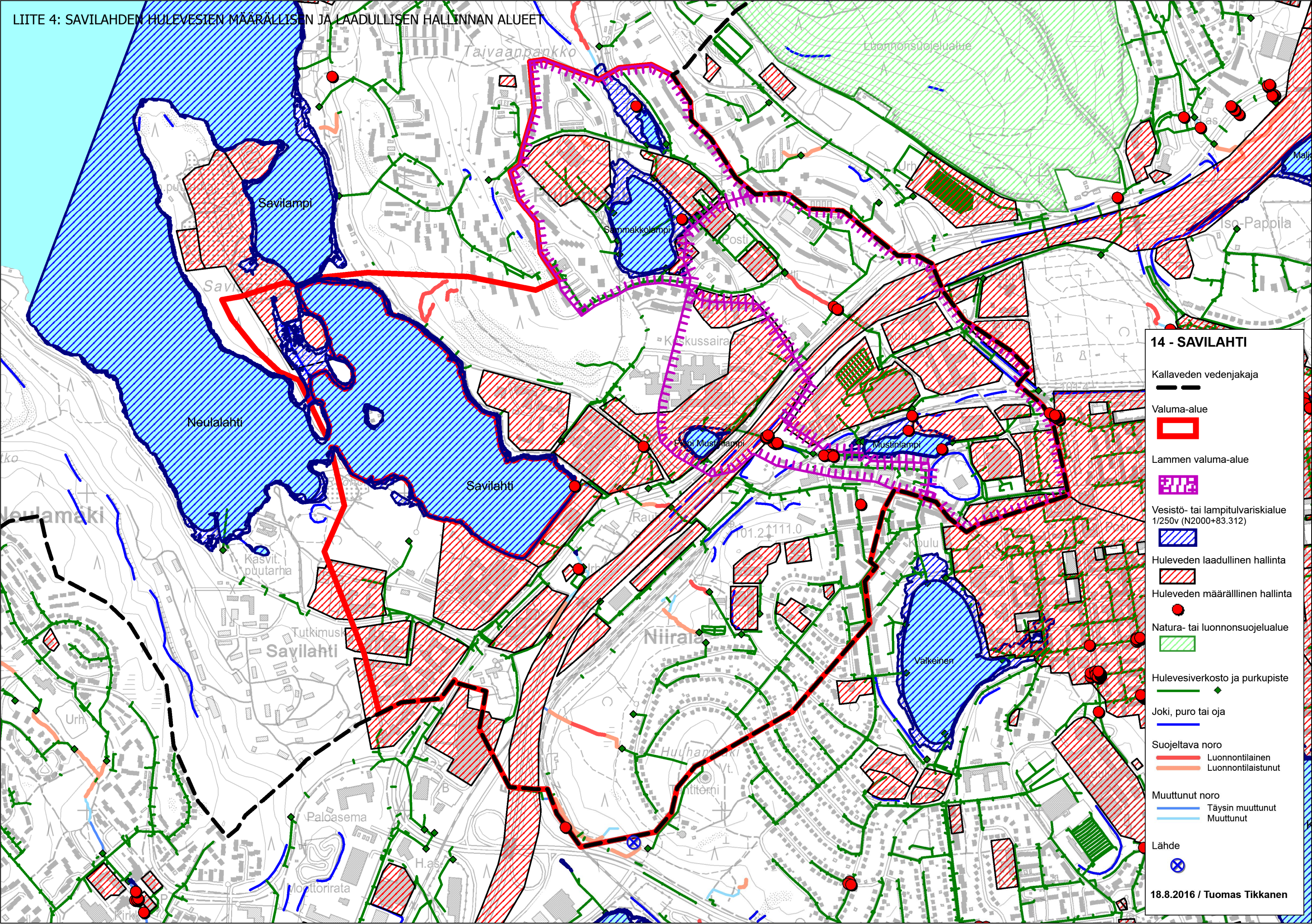
Noro

Lähde

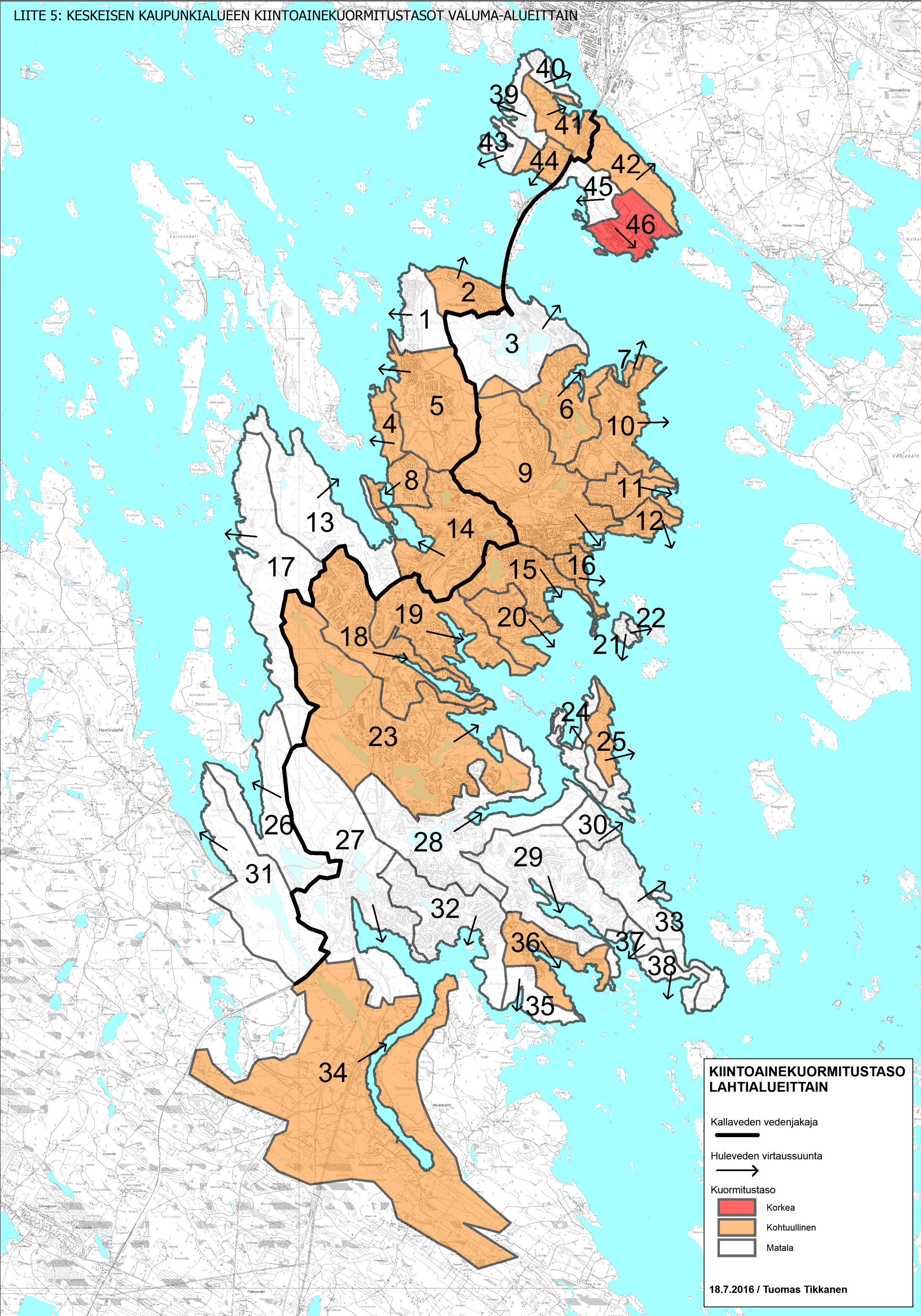
Tulvakohteet
Ennen 2011 2011 - 2015

●	■	Kapasiteetti
●	■	Jäät. + rosk.
●	■	Jäätyminen
●	■	Roskaantuminen
●	■	Muu

18.8.2016 / Tuomas Tikkanen



LIITE 5: KESKEISEN KAUPUNKIALUEEN KIINTOAINEKUORMITUSTASOT VALUMA-ALUEITTAIN



KIINTOAINEKUORMITUSTASO LAHTIALUEITTAIN

Kallaveden vedenjakaja
—

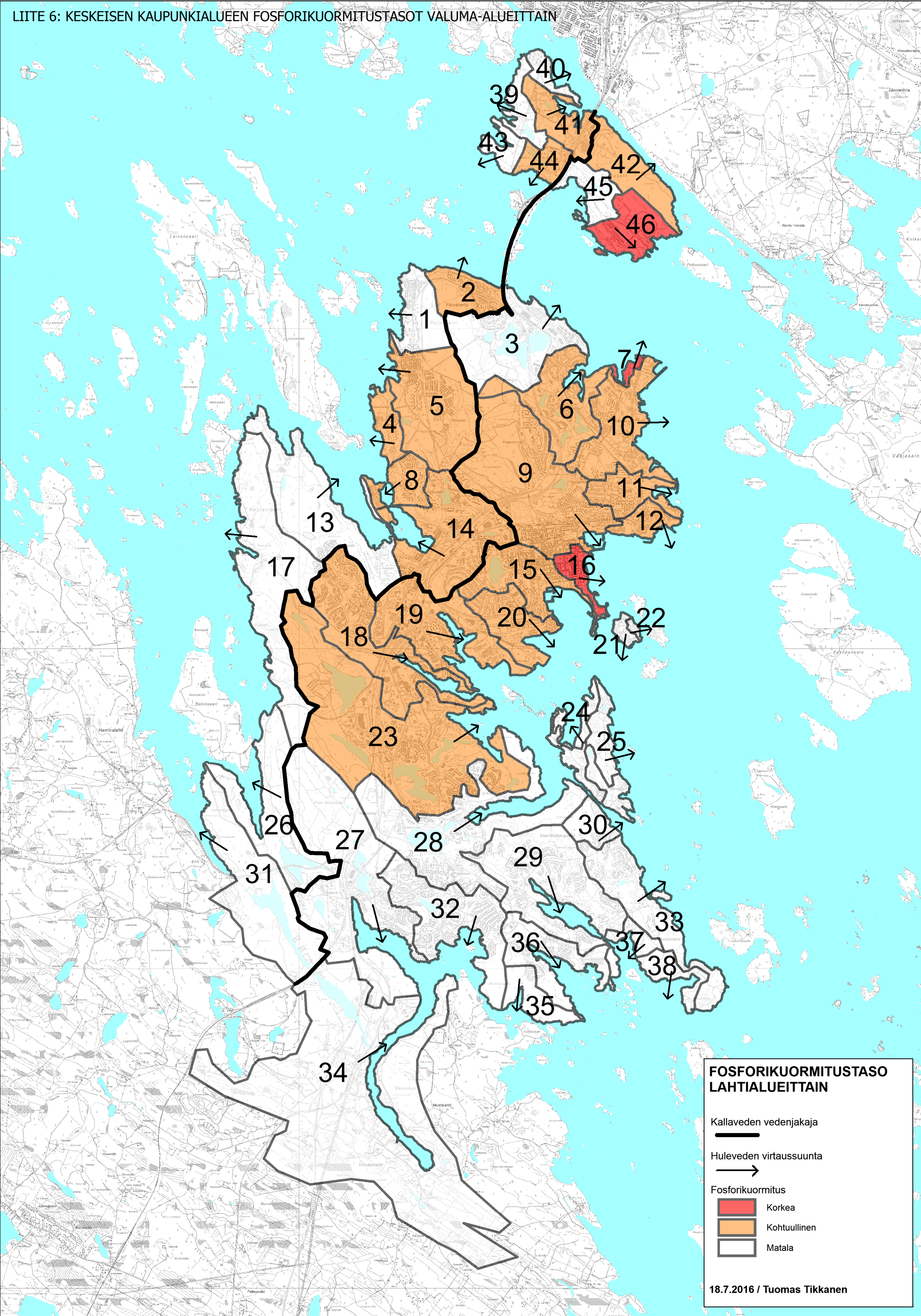
Huleveden virtaussuunta
→

Kuormitustaso

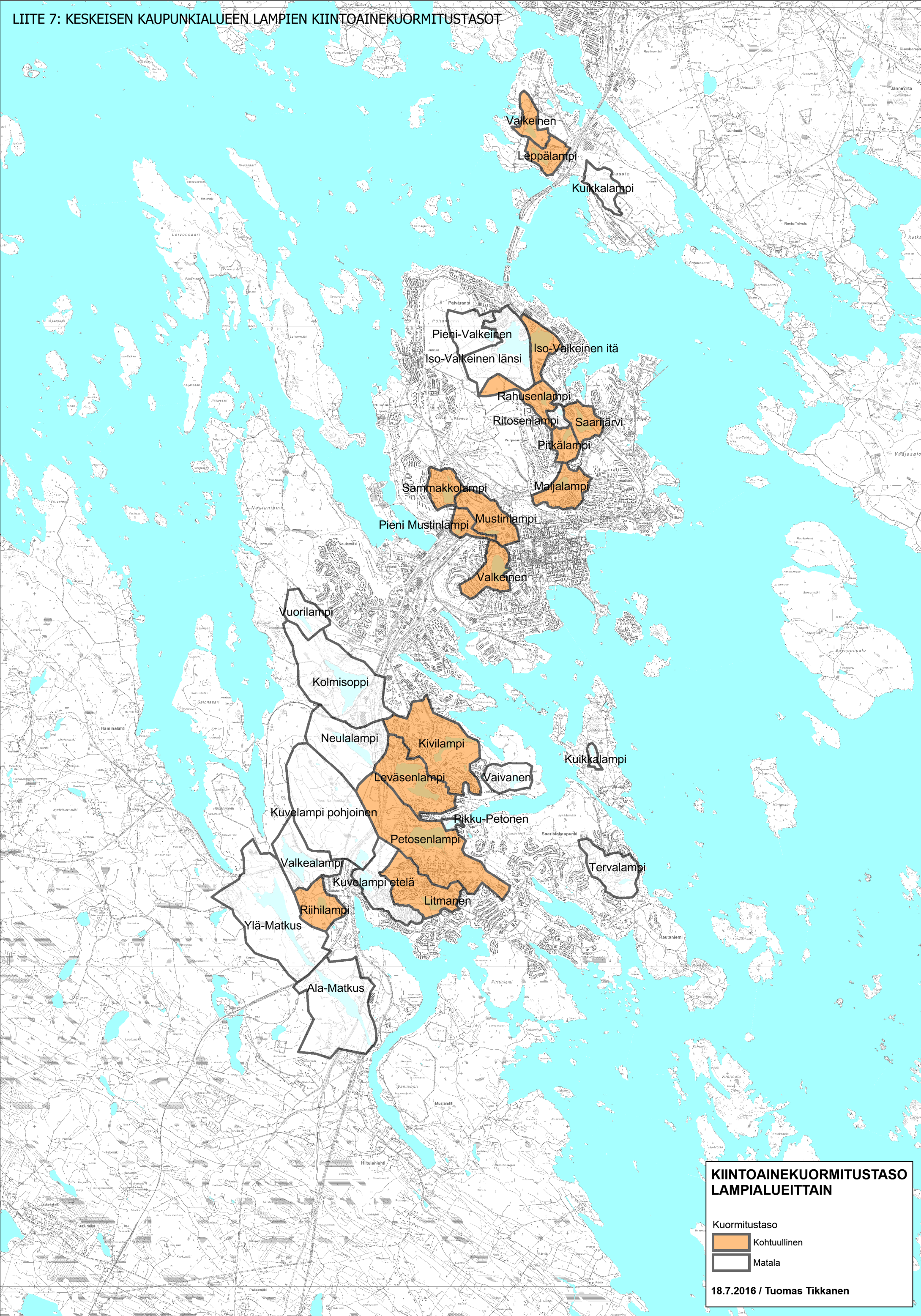
	Korkea
	Kohtuullinen
	Matala

18.7.2016 / Tuomas Tikkanen


LIITE 6: KESKEISEN KAUPUNKIALUEEN FOSFORIKUORMITUSTASOT VALUMA-ALUEITTAIN



LIITE 7: KESKEISEN KAUPUNKIALUEEN LAMPIEN KIINTOAINEKUORMITUSTASOT

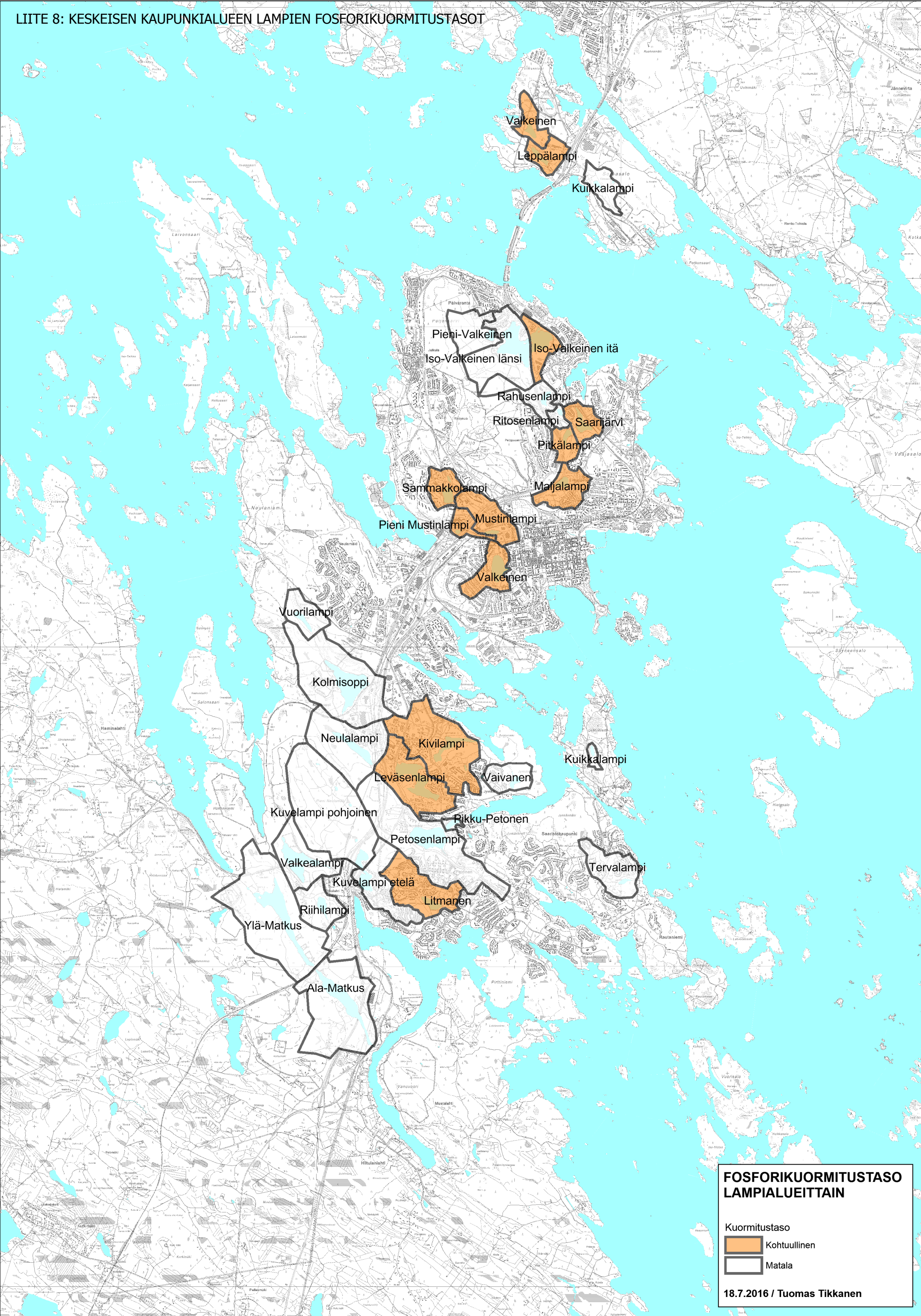


KIINTOAINEKUORMITUSTASO
LAMPIALUEITTAIN

- Kuormitustaso
-  Kohtuullinen
 -  Matala



18.7.2016 / Tuomas Tikkanen

LIITE 8: KESKEISEN KAUPUNKIALUEEN LAMPIEN FOSFORIKUORMITUSTASOT



**FOSFORIKUORMITUSTASO
LAMPIALUEITTAIN**

Kuormitustaso

-  Kohtuullinen
-  Matala

18.7.2016 / Tuomas Tikkanen

LIITE 9: LUOTUJEN TAI MUOKATTUJEN MAPINFO-TIETOKANTOJEN KUVAUKSET

- lahtialueittain_YHD (lahtien valuma-alueitten rajat)
- lampien_rajat (lampien valuma-alueitten rajat)
- asemakaavat_MUOK (Kuopion kaupungin asemakaava-alue)
- vedenjakaja (Kallaveden vedenjakaja Pohjois- ja Etelä-Kallaveteen)
- virtausnuolet (Hulevesien virtaussuunta valuma-alueelta Kallaveteen)
- pienvedet (Keskeisen kaupunkialueen pienvedet)
- nimet (Lahtialueiden ja lampien nimet)
- kaavaraja_keskeinen_ka (Keskeisen kaupunkialueen ulkorajat)
- lähteet (Keskeisen kaupunkialueen luonnontilaiset lähteet)
- purkupaikat (Hulevesiverkoston purkupaikat)
- kaikki_norot_2015_MUOK (Norokartoituksessa havaitut norot vuosilta 2014-2015)
- yhdistelmä_kaava_vanhaYK (Keskeisen kaupunkialueen maankäyttömuodot)
- tulvakohteet_2015 (Havaitut hulevesitulvakohteet vuosilta 2011-2015)
- lampitulva_2m (Vedenpinnan raja +2m lampitulvatilanteessa)
- hulevesi_laadul (Huleveden laadullista käsittelyä vaativat alueet)
- hulevesi_maaral (Huleveden määrällistä käsittelyä vaativat alueet)
- suojelualueet_YHD (Natura- ja muut luonnonsuojelualueet)